

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
STRUČNI STUDIJ – ODRŽIVI RAZVOJ

UPRAVLJANJE ELEKTROMOTORNIM SUSTAVOM U
FUNKCIJI LINEARNOG AKTUATORA
VERTIKALNOG POMAKA

ZAVRŠNI RAD

MAJK MATOŠA

ČAKOVEC, 2016.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
STRUČNI STUDIJ – ODRŽIVI RAZVOJ

UPRAVLJANJE ELEKTROMOTORNIM SUSTAVOM U
FUNKCIJI LINEARNOG AKTUATORA
VERTIKALNOG POMAKA

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

dr. sc. Sarajko Baksa, prof. v.š.

Student:

Majk Matoša

ČAKOVEC, 2016.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentoru dr. sc. Sarajku Baksi, prof. v.š. na vodstvu, razumijevanju, vremenu i savjetima prilikom izrade ovog rada.

Majk Matoša

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Majk Matoša

SADRŽAJ

SADRŽAJ	III
POPIS SLIKA	V
POPIS TABLICA	XI
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	XIII
POPIS OZNAKA	XV
SAŽETAK	XVII
1. UVOD	1
2. LINEARNI AKTUATORI	3
2.1. Što je linearni aktuator	3
2.2. Klasifikacije linearnog aktuatora koji se koriste u automatizaciji	4
2.3. Izbor mehanizma linearnog aktuatora	8
2.4. Električni linearni aktuatori	9
3. AUTOMATIZACIJA	11
3.1. Stupnjevi automatizacije u industriji	12
3.1.1. Stupnjevi razvoja proizvodnje	12
3.1.2. Stupnjevi razvoja automatizacije	13
3.2. Ručna regulacija	14
3.3. Struktura Regulacijskog sustava	16
3.4. Otvoreni i zatvoreni automatski sustavi	17
3.4.1. Otvoreni automatski sustavi	18
3.4.2. Zatvoreni automatski sustavi	19
3.4.3. Osnovne jedinice regulacijskih sustava	20

4. IZRADA LINEARNOG AKTUATORA VERTIKALNOG POMAKA	22
4.1. Potrebni dijelovi za izradu linearnog aktuatora	22
4.2. Tehničke specifikacije ključnih dijelova linearnog aktuatora	23
4.2.1. Ispravljač napona	23
4.2.2. Istosmjerni regulator napona	25
4.2.3. Istosmjerni motor	26
4.2.4. Mikroprekidači	28
4.3. Tehnička dokumentacija	29
4.4. Izrada linearnog aktuatora	36
4.5. Principna shema upravljanja	45
5. ZAKLJUČAK	46
PRILOZI	47
LITERATURA	48

POPIS SLIKA

Slika 1. <i>Aktuatorska jedinica</i>	4
Slika 2. <i>Klasifikacija aktuatora po vrsti ulazne energije</i>	4
Slika 3. <i>Klasifikacija aktuatora po vrsti energije</i>	5
Slika 4. <i>Klasifikacija aktuatora prema pretvorbi ulazne energije u izlaznu</i>	6
Slika 5. <i>Klasifikacija aktuatora prema vrsti mehaničkog kretanja</i>	6
Slika 6. <i>Klasifikacija aktuatora prema mehaničkom pogonu</i>	7
Slika 7. <i>Ručna regulacija</i>	16
Slika 8. <i>Struktura regulacijskog sustava</i>	16
Slika 9. <i>Otvoreni automatski sustav</i>	19
Slika 10. <i>Zatvoreni automatski sustav</i>	20
Slika 11. <i>Podjela sustava automatske regulacije</i>	21
Slika 12. <i>Funkcije pretvarača</i>	23
Slika 13. <i>Specifikacije ispravljača</i>	24
Slika 14. <i>Istosmjerni regulator napona</i>	26
Slika 15. <i>Istosmjerni motor</i>	27
Slika 16. <i>Ispitivanje mikroprekidača</i>	28
Slika 17. <i>Čelični držač</i>	36
Slika 18. <i>Industrijske vodilice</i>	37
Slika 19. <i>Spajanje vodilice i čeličnog držača</i>	37
Slika 20. <i>Postolje u obliku “U” profila sa rupama za čelični držač</i>	37
Slika 21. <i>Čelični držač pričvršćen na postolje</i>	38
Slika 22. <i>Motor sa nosačem</i>	39
Slika 23. <i>Pričvršćivanje motora i njegovog nosača na postolje</i>	39

Slika 24. <i>Podešavanje fleksibilne spojke</i>	40
Slika 25. <i>Stabiliziranje konstrukcije</i>	41
Slika 26. <i>Postolje za teret</i>	42
Slika 27. <i>Pričvršćivanje postolja za teret sa dvije matice</i>	42
Slika 28. <i>Mikropekidači sa gornje i donje strane</i>	43
Slika 29. <i>Kutija sa prekidačem i potencijometrom</i>	44
Slika 30. <i>Ispravljač kao uteg</i>	44
Slika 31. <i>Principna shema</i>	45

POPIS TABLICA

Tablica 1.	<i>Potrebni dijelovi za izradu linearnog aktuatora</i>	22
-------------------	--	-----------

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

<i>Tehnička dokumentacija 1 – “U” profil - postolje</i>	<i>32</i>
<i>Tehnička dokumentacija 2 – “L” profil - postolje za teret</i>	<i>33</i>
<i>Tehnička dokumentacija 3 – Industrijske vodilice</i>	<i>34</i>
<i>Tehnička dokumentacija 4 – Fleksibilna spojka</i>	<i>35</i>

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
L	m	<i>duljina</i>
b	m	<i>širina</i>
h	m	<i>visina</i>
A	m^2	<i>površina</i>
m	kg	<i>masa</i>
f	Hz	<i>frekvencija</i>
P	W	<i>snaga</i>

SAŽETAK

Zadatak rada bio je konstruirati linearni aktuator vertikalnog pomaka, sa pogonom na isključivo električni istosmjerni (DC) motor. Uz pomoć regulacije napona, stvoriti vidljivu razliku u brzini pomaka aktuatora po vertikalnoj osi, koja doseže visinu od približno 0.8 [m]. Nadalje aktuator mora automatski stati, kada dođe do gornje točke, te promjenom pola na prekidaču, krenuti prema dolje, gdje se opet mora automatski zaustaviti, jednom kada dostigne najnižu točku. Na samom početku rada, dati je mali uvod u automatizaciju, upravljanje i regulaciju, linearnere aktuatore i koja je zapravo njihova svrha u industriji. Drugi dio rada, osvrće se na konstrukciju i izvedbu samog linearnog aktuatora vertikalnog pomaka i detaljnom opisu pojedinih ključnih elemenata, gdje su također navedene i tehničke specifikacije, koje su neophodne za optimalan i neprekidan rad aktuatora.

Ključne riječi: *konstrukcija, linearni aktuator, elektromotorni sustav, regulacija, automatizacija.*

SUMMARY

The task was to construct and build a linear actuator of vertical movement, which is runned only by DC motor. With the help of the voltage regulation, to create a visible difference in speed shift actuator on the vertical axis, which reaches a height of about 0.8 [m]. Furthermore, the actuator must stop automatically when they come to do the highest point, and changes on manual change on switch, automatically go down, where then he must again stop automatically once reached the lowest point. At the very beginning, is given a small introduction to the automation and control systems, linear actuators and their purpose in the industry. The second part of the documentation, refers to the structure and performance of the linear actuator of vertical movement and a detailed description of certain key elements, where are mentioned technical specifications, which are necessary for the optimum and continuous operation of the actuator.

Keywords: *construction, linear actuator, electric system, DC motor, regulation, automatic,*

1. UVOD

U najranijim danima čovječanstva, bila je potrebna čovjekova sila da se nešto pomakne i premjesti. Za premještanje većeg kamena ili stijene, bilo je potrebno povećati broj ljudi, kako bi se povećala sila, i tako izvršio pomak.

Zatim se pojavio izum u okruglom obliku opće poznat kao kotač, koji je promijenio perspektivu o pokretu. Tako se došlo do zaključka da se predmeti oko nas mogu koristiti kao alat da bi život učinili lakšim. Odmicanjem vremena, razvijeni su bolji načini kretanja, kao što su udarni ovnovi. Udarni ovan može se smatrati prvim aktuatorom u povijesti, jer stvara gibanje po ravnoj liniji, ali to još uvijek nije automatizam. Iako je učinio posao pokreta lakšim, pomoć čovjeka je još uvijek bila potrebna, za preseljenje udarnog ovna naprijed ili natrag.

Početak industrijske ere, promijenio se način razmišljanja o strojevima i rodio se novi koncept o sustavima automatizacije. Strojevi su se koristili kao zamjena za fizički rad i sve su se više i više razvijali. Mnogo godina kasnije Bent Jensen promijenio je spoznaju o modernoj automatizaciji.

Bent Jensen, sada dio "Forbes Billionaires" liste, dobio je priliku da preuzme tvrtku svog oca, poznatu kao "Christian Jensen and Sons". Diplomirani strojar, nevoljko je pristao preuzeti tvrtku svoga oca i odlučio da će u narednih pet godina revolucionarno preurediti metode proizvodnje njegove tvrtke.

Samo tri godine kasnije, 1979., uspio je pronaći rješenje za invalidska kolica koja su pripadala njegovom prijatelju. Rezultat je bio prvi svjetski aktuator. Danas je linearni motor proizvod koji je dizajniran za stvaranje pokreta u ravini. Prije tog vremena, elektromotori su se koristili za stvaranje kružnog gibanja. Kružno gibanje kod računala ili pisača nije učinkovito i ne može se koristiti, ali s linearnim pokretom sve je moguće ostvariti [1].

Linearni aktuator kao proizvod se ubrzo počeo masivno koristiti. Prva industrija koja je počela koristiti Bentov inovativni izum s linearnim pokretom bila je poljoprivreda. Poljoprivrednicima se uveliko olakšalo, kada se linearni aktuator počeo primjenjivati kao dodatak na njihovim kombajnim. Pokretni dijelovi mogli su biti automatizirani pomoću linearnog aktuatora.

Bent Jensenovi izumi danas nalaze široku primjenu pa se mogu pronaći u:

- bolnicama,
- namještaju,
- automobilima, kamionima i kombijima,
- letjelicama,
- brodovima,
- vatrogasnim vozilima,
- farmama,
- industriji,
- uredu,
- kući i
- računalima.

Danas se koriste aktuatori koji mogu biti pneumatski, hidraulični, piezoelektrični, elektromehanički i električni. Stalno se razvijaju nove tehnologije i poboljšava se način na koji živimo i radimo. Odmicanjem vremena, život je postajao lakši, zbog sve šire primjene aktuatora, a da ljudi toga nisu ni svjesni. Sve je to rezultat jednog ljudskog uma Bent Jensena, da unaprijedi invalidska kolica [1].

2. LINEARNI AKTUATORI

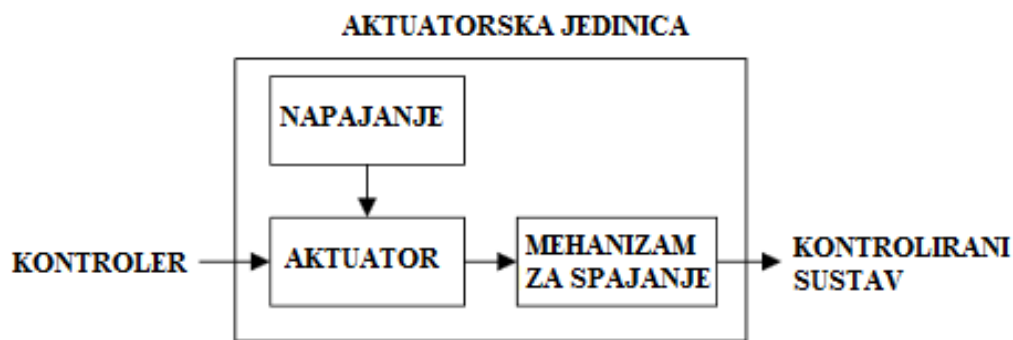
Društvo je u svojim svakodnevnim djelatnostima postalo toliko ovisno o automatizaciji da je teško zamisliti život bez nje. Osim industrijske proizvodnje s kojom je najviše povezana, automatizacija obuhvaća niz neočekivanih područja. Trgovina, inženjering zaštite okoliša, prometno inženjerstvo, poljoprivreda, građevinarstvo i medicina, samo su neka od područja gdje automatizacija ima veliku primjenu. Automatizacija je disciplina koja zahtijeva proporcionalano znanje iz eng. *hardwera* i eng. *softwera*, kako bi se mogao pratiti razvoj samog eng. *softwera* i kako bi bilo moguće uspješno ga primijeniti u praksi. U prošlosti, automatizacija je uglavnom bila shvaćena kao nadzor niza električnih i elektroničkih komponenti. To se promijenilo otkada su računala i računalni programi našli svoj put u svaku komponentu i element komunikacije i automatizacije.

Industrijska automatizacija je pojam koji opisuje ključne programe razvoja proizvodnje u kojoj projektni inženjeri izrađuju aplikacije za automatizaciju industrijskih postrojenja. Te aplikacije izrađuju se pomoću opreme koja je dizajnirana za modeliranje produktivne strukture materijala, energije i informacija.

U automatiziranom proizvodnom procesu, transformacija i prijenos materijala, energije i informacija odvija se bez izravnog ljudskog utjecaja - u proces zadataka, radova, aktivnosti i operacija. Uloga radnika je pokrenuti automatizirani proizvodni program i nadzirati ga, a sve ostalo sustav obavlja samostalno [2].

2.1. Što je linearni aktuator

Linearni aktuator je uređaj sposoban da obavi fizički rad. Aktuator je mehanički sklop koji se može kontrolirati, u svrhu obavljanja zadanih operacija. Aktuatori iz vanjskog izvora koriste električnu, hidrauličnu ili pneumatsku energiju. Zatim tu energiju pretvaraju u mehaničku energiju pokreta (fizički rad). Uobičajno je da se aktuatori koriste u kombinaciji s napajanjem i mehanizmom za spajanje, slika 1. Pogonska jedinica proizvodi bilo izmjenično ili istosmjerno napajanje kod nazivnog napona. Mehanizam za spajanje djeluje kao sučelje između aktuatora i konstrukcije samog fizičkog dijela. Klasični mehanizmi uključuju lanac i zupčanik, pogonski zupčanik, remenski pogon, glavni vijak i maticu (šipku), klip i veze između njih [3].



Slika 1: Aktuatorska jedinica

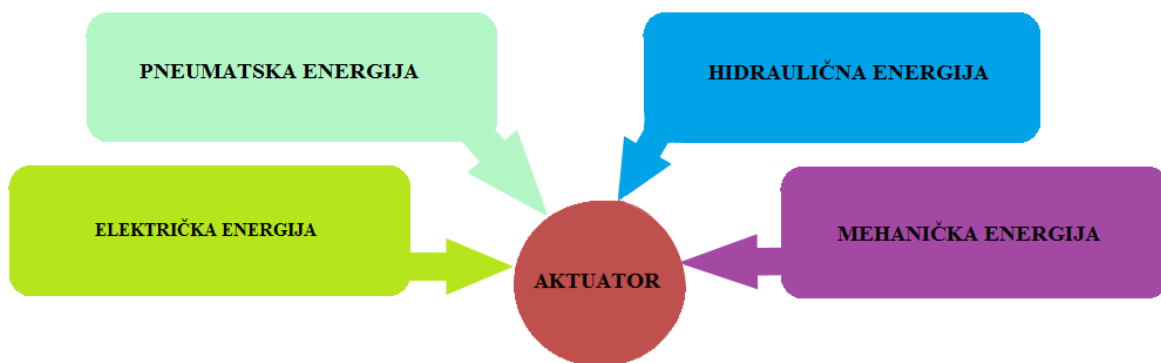
Formula za izračun termodinamičke efikasnosti aktuatora, koji daje mehanički pomak glasi:

$$\varepsilon = \frac{\text{korisna energija}}{\text{upotrebljena energija}} = \frac{\text{dobivena energija}}{\text{uložena energija}} \quad [3]$$

2.2. Klasifikacije linearnog aktuatora koji se koriste u automatizaciji

Klasifikacija aktuatora prema vrsti ulazne energije, slika 2.; [3].

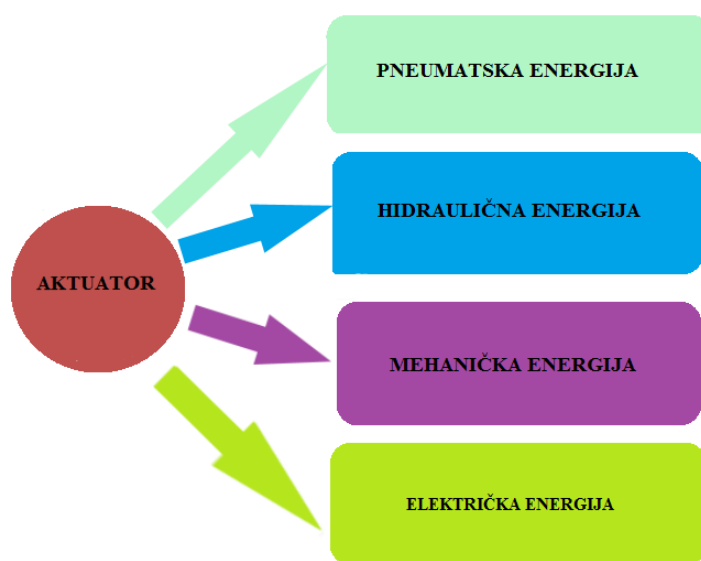
- električna,
- pneumatska,
- hidraulička i
- mehanička energija.



Slika 2: Klasifikacija aktuatora po vrsti ulazne energije

Klasifikacija aktuatora prema vrsti energije koja se dovodi prema opremi, slika 3.; [3].

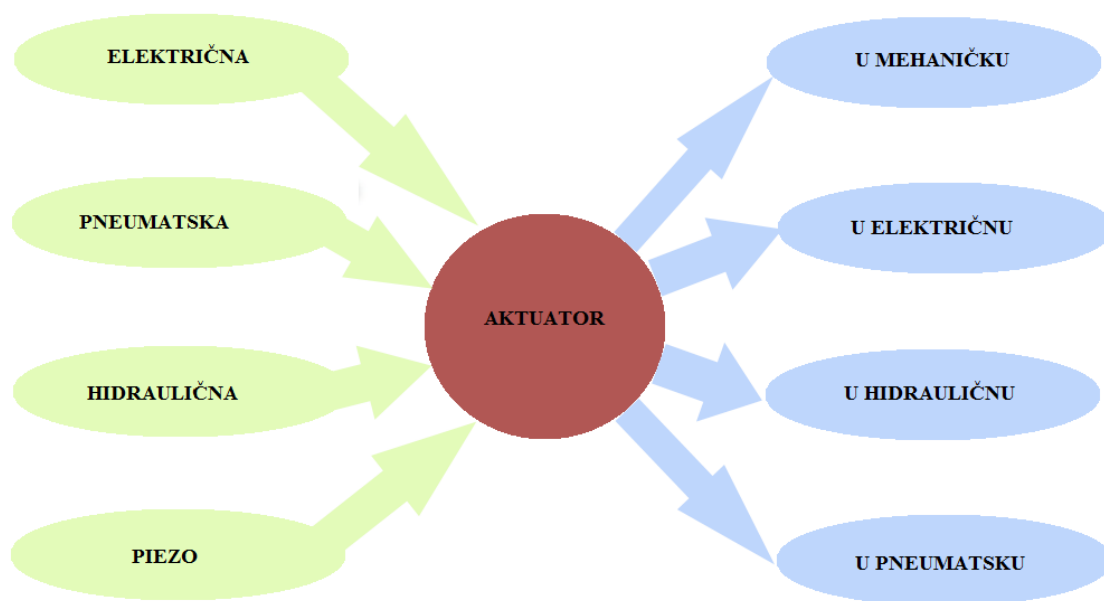
- električna,
- pneumatska,
- hidraulična i
- mehanička energija.



Slika 3: Klasifikacija aktuatora po vrsti energije koja se prenosi prema izvršnom članu

Klasifikacija aktuatora prema pretvorbi ulazne u izlaznu energiju, koja se prenosi na izvršni član, slika 4.; [3].

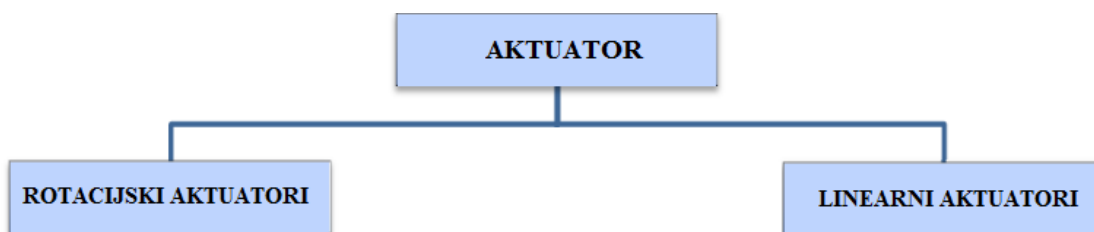
- električna u mehaničku,
- električna u pneumatsku,
- električna u hidrauličnu,
- pneumatska u mehaničku i
- piezo u električnu energiju.



Slika 4: Klasifikacija aktuatora prema pretvorbi ulazne energije u izlaznu, koja se prenosi na izvršni član

Klasifikacija aktuatora prema vrsti mehaničkog kretanja (oblik geometrijskog pokreta) koji se primjenjuje od izlaza aktuatora prema ulazu izvršnog člana, slika 5.; [3].

- rotacijski i
- linearni aktuatori.



Slika 5: Klasifikacija aktuatora prema vrsti mehaničkog kretanja

Kako bi se postigao mehanički pogon, koji je neophodan za pokretanje izvršnog člana, koriste se vrlo različite vrste pogona aktuatora, slika 6.; [3].

- električni pogoni,
- pneumatski cilindri,
- hidraulički cilindri i
- kinematički elementi.



Slika 6: Klasifikacija aktuatora prema mehaničkom pogonu

Klasifikacija aktuatora prema polju upotrebe:

- opća uporaba,
- vojna uporaba,
- infrastruktura,
- energija,
- grijanje,
- transport,
- proizvodnja,
- automobilizam,
- avijacija,
- pomorstvo i
- svemirska uporaba.

2.3. Izbor mehanizma linearnog aktuatora

Odabir odgovarajuće vrste mehanizama aktuatora je složan i vrlo odgovoran, glede toga je aktuator utječe na cijeli automatizirani proizvodni sustav. Vrstu aktuatora određuju napajanje (npr. istosmjerna ili izmjenična struja) i prijenosni sustav. Ponekad je moguće postići željene kretanje integriranjem aktuatora izravno na sustav i tada nema potrebe za korištenjem prijenosnog sustava. Na primjer, linearni pokret može se postići i bez uporabe rotacijskog motora pa se umjesto njega upotrebljava linearni motor [3].

Prilikom odabira aktuatora, potrebno je obratiti pažnju na sljedeće parametre [3]:

- točnost (odnos između ulaza i izlaza),
- osjetljivost (karakteristike sile, okretnog momenta i brzine),
- stabilnost,
- vrijeme odziva,
- histereza,
- frekvencijski odziv (područje u kojem snaga još uvijek ispravno reagira na ulaz),
- ulazno (input) područje,
- rezolucija (najmanji korak u razvijanju sile ili okretnog momenta),
- linearnost,
- otpornost (prema uvjetima okoliša),
- cijena,
- veličina, težina,
- materijal konstrukcije,
- radna temperatura (maksimalni gubitak topline u stabilnim uvjetima rada),
- najveća snaga (najveća moguća ostvariva snaga i okretni moment aktuatora),
- kontinuirana izlazna snaga (vrtnja pod konstantom snagom/ okretnim momentom, a da ne dolazi do pregrijavanja),
- opseg kretanja (raspon linearnog ili rotacijskog pomaka),
- brzina praznog hoda (brzina u stanju kada nema nikakvog opterećenja) i
- vrsta izvora (električni napon, komprimirani zrak ...).

2.4. Električni linearni aktuatori

Elektronsko upravljivi sustavi uživaju veliku primjenu u kontrolnim sustavima, glede vrlo jednostavnog sučelja i kompatibilnosti sa sučeljem kontronog sustava, koji je također električan. Također električna energija je iznimno dostupna za razliku od fluida, koji je potreban za pogon pumpe ili kompresora [4].

Prednosti elektronsko upravljivih aktuatora su [4]:

- laka distribucija električne energije, el. kablovi su puno praktičniji od cijevi
- električna energija se vrlo lako kontrolira pomoću kontrolne elektronike,
- električna energija je čista, nema nikakve tekućine,
- kvar je puno lakše dijagnosticirati i ukloniti, te
- cijena elemenata.

Prednosti električnih linearnih aktuatora u usporedbi s pneumatskim sustavima su [4]:

- zračni sustavi uvijek imaju određena curenja što izaziva troškove, jer kompresor još uvijek radi i proizvodi komprimirani zrak koji će se izgubiti,
- zračni sustavi koriste zrak čak i kada za to nema potrebe, jer nema nikakvog gibanja aktuatora, dok električni aktuator koristi energiju samo kada je to potrebno, stoga je učinkovitost do 90%, što omogućava značajnu uštedu,
- cijevi, brtve se dosta troše i lako se odvajaju, pucaju zbog kontaminacije i same starosti instalacija pa je potrebno konstantno održavanje/zamjena dijelova. Često su to velike dužine crijeva,
- nije moguće dobiti ponovljivi konstantan tlak zraka, jer se cilindri uvijek uključuju i isključuju u cijeloj tvornici, a koristi se samo jedan kompresor. Električni cilindri uvijek pružaju isti rezultat, što je ključno u prehrambenoj industriji,
- iako je početna cijena električnog aktuatora veća od pneumatskog (3-5 puta), dodatni trošak kapitala obično se vraća u roku od 12 mjeseci,
- električno linearno gibanje je čista tehnologija, stoga je poželjna u mnogim industrijama poput prehrambene, medicinske, farmaceutske i
- električni sustavi su puno mirniji od zračnih sustava.

Nedostaci elektronsko upravljivih aktuatora su [4]:

- električna oprema ima veću mogućnost za izazivanje požara u odnosu na ostale,
- električni aktuatori imaju lošiji okretni moment,
- električni aktuatori u osnovi koriste rotacijsko gibanje i potrebni su složeni mehanizmi za pretvaranje rotacijskog gibanja u neki drugi, željeni oblik gibanja,
- podizanje puno manjih masa u odnosu na aktuator koji koristi hidraulički pogon i
- nema dovoda zraka - u mnogim udaljenim postrojenjima, što može biti nepraktično za pokretanje sustava dovoda zraka i njegovo održavanje.

Električni aktuator zapravo je u većini slučajeva i motor sa brzinama. Motor može koristiti razne veličine napona i primarni mu je cilj ostvarivanje okretnog momenta. Motori električnog aktuatora uglavnom su opremljeni toplinskim senzorom, ugrađenim u zavojnici motora, da bi se spriječilo oštećenje od pregrijavanja. Oštećenje može biti izazvano korištenjem prejake struje i pretjeranim radom. Senzor je žičano spojen u seriju s izvorom napajanja i otvara krug kada se motor pregrije, a nakon što motor opet dosegne optimalnu radnu temperaturu, zatvara se strujni krug. Električni motor sastoji se od armature, električnog namota i zupčanika. Kada električna energija prođe kroz armaturni namot, magnetsko polje generira na pobudu, koja uzrokuje pokretanje armature. Armatura će se okretati sve dok ima napona na namotaju, a prekidom napajanja motor se zaustavlja. Završetak linearnog puta ograničava se graničnim prekidačima, koji su nužni za električni aktuator, kako bi aktuator uspješno izvršio zadani zadatak.

Električni aktuatori se oslanjaju na zupčanike, koji su povezani izravno na motor. Tako se poboljšava okretni moment motora i određuje izlazna brzina aktuatora. Jedini način izmjene izlazne brzine je ugradnja kontrolnog modula za daljinu u sami ciklus. Ovaj modul omogućava povećanje trajanja samog ciklusa. Ako je potrebno smanjiti vrijeme trajanja ciklusa, mora se koristiti alternativni aktuator sa željenim trajanjem ciklusa, ali i ispravni okretni moment. Sustavi za komprimiranje zraka osjetljivi su na smrzavanje, začepljenje zračnih vodova i potencijalno oštećenje opreme, ako se nalaze u područjima gdje su temperature često ispod nule. Pneumatski aktuator će vjerojatno i dalje biti primarni izbor u procesnoj industriji, dok će električni aktuator davati bolje rezultate u drugim granama industrije [5].

3. AUTOMATIZACIJA

Povijest razvoja strojne industrije započinje dolaskom radnih strojeva (alatnih strojeva) koji su zamijenili ručni rad i omogućili značajno povećanje produktivnosti rada. Takav je, na primjer, bio stroj za tkanje izumljen u drugoj polovici osamnaestog stoljeća, tijekom industrijske revolucije.

Na početku su alatni strojevi bili vođeni snagom životinja, čovjeka ili vode. U vrijeme industrijske revolucije, hidraulički motor (vodeni kotač) više nije mogao zadovoljiti rastuće potrebe u razvoju strojne industrije. Poboljšanje alatnih strojeva dovelo je do potrebe za stvaranjem novog univerzalnog stroja nazvanog parni stroj. Nakon pojave parnog stroja, a naknadno i korištenjem električne energije za prijenos energije na velike udaljenosti, rezultiralo je i povećanjem produktivnosti rada.

Razvoj industrijskih trendova i unapređenje alatnih strojeva, u drugoj polovici devetnaestog i početkom dvadesetog stoljeća, dovelo je do stvaranja velike mehanizirane proizvodnje. Rasla je kompleksnost i preciznost proizvodnje, došlo je do velikih širenja industrijskih postrojenja, što izaziva problem u usmjeravanju i kontroli toka proizvodnje. Javila se potreba za izradom posebne vrste strojeva, koji zamjenjuju fizički rad čovjeka u kontroli i nadzoru proizvodnih procesa. Ta grana inženjerstva koja se bavi razvojem metoda i postrojenja za smanjenje potreba fizičkog rada ljudi u kontroli i nadzoru proizvodnih procesa naziva se automatizacija i upravljanje. Točnije, automatizacija je tehnika kontrole i inspekcijskog nadzora na relativno malim udaljenostima, a upravljanje je tehnika koja provodi sličnu kontrolu i nadzor, ali na udaljenosti koja je tako velika da se moraju koristiti posebne metode [1].

Mnogi procesi u modernoj industrijskoj proizvodnji i transportu nezamislivi su bez automatike i daljinskog upravljanja. Postoji velik broj primjera koji to potvrđuju, kao što su održavanje preciznog konstantnog napona na sabirnicama neke električne stanice, precizna regulacija temperature peći prema zadanom programu, automatsko upravljanje letom, (npr. zrakoplov, helikopter) i mnogi drugi.

3.1 Stupnjevi automatizacije u industriji

Razvoj proizvodnje može se promatrati dvojako: kao razvoj društva općenito i kao na nivou tvornice u industrijskom dobu. Ove podjele potrebno je shvatiti uvjetno, jer niti je moguće povući stroge granice između stupnjeva razvoja, niti su se one u svim dijelovima čovječanstva događale istovremeno [6].

3.1.1 Stupnjevi razvoja proizvodnje

Tijekom povijesnog razvoja proizvodnje u društvu općenito razlikujemo nekoliko etapa tog razvoja [6].

1. Primitivno (barbarsko) doba ili doba divljaštva započelo je od nastanka čovjeka i trajalo je do prije nekih 15.000 godina. Ljudi su koristili samo drveni, koštani i kameni alat. Bavili su se lovom i skupljanjem plodova, a stanovali u pećinama. Još nije došlo do razvoja poljoprivrede i graditeljstva.
2. Agrarno (poljoprivredno) doba počelo je razvojem poljoprivrede i stočarstva. Kasnije se razvilo i graditeljstvo. Prije 6.000 do 7.000 godina u Mezopotamiji nastali su prvi gradovi i države. Ljudi su počeli obrađivati metal i koristiti kotač. Razvijali se su jednostavni sustavi na pogon vode i vjetra, te su se počele iskorištavati životinje za težak fizički rad. Došlo je do razvoja kulture i vrlo značajne podjele rada u društvu. Vrhunac u proizvodnji javlja se u Europi, u 18. stoljeću, razvojem manufakture. Od 15. do 19. stoljeća značajno se razvijaju prirodne znanosti i tehnika.
3. Industrijsko doba traje od kraja 18. stoljeća. Za proizvodnju u ovom periodu značajna su dva procesa: mehanizacija i automatizacija. Mehanizacija je uvođenje strojeva koji zamjenjuju ljudski tjelesni rad. Automatizacija oslobađa ljude rutinskih umnih poslova. Da bi se neki radni process automatizirao, potrebno ga je prije mehanizirati. Visoki stupanj automatizacije naziva se robotizacija.

3.1.2. Stupnjevi razvoja automatizacije

Na razini tvornice razlikujemo sljedeće stupnjeve automatizacije [6]:

1. Radnik obavlja sve radne operacije ručno pomoću alata (18. i djelomično 19. stoljeće).
2. U procesu mehanizacije ljudski rad zamjenjuju strojevi. Sve upravljačke funkcije obavlja radnik (19. i početak 20. stoljeća).
3. Uz naprednu mehanizaciju postupno se uvodi i automatizacija radnih operacija. Radnik opslužuje stroj potrebnim materijalima i priborom te upravlja strojem, bavi se unutrašnjim prijevozom te skladištenjem proizvoda i sirovina. Ovakva proizvodnja karakteristična je za sredinu 20. stoljeća u razvijenim zemljama, dok je za nerazvijene zemlje karakteristična i danas. Glede niza nedostataka ljudskog rada ovakva proizvodnja je sve manje konkurentna na svjetskom tržištu.
4. U proizvodnju se uvode računala za praćenje i obradu podataka. Računala se povezuju u sustav sa senzorima (mjernim uređajima) i izvršnim članovima (servomotorima). Umjesto radnika, upravljačku funkciju preuzima računalo. Stroj koji bez radnika obavlja složene radne operacije na inteligentan način zove se robot. Suvremeni roboti nisu čovjekoliki strojevi, već su to specijalizirani strojevi za složene radne operacije (npr. zavarivanje karoserija automobila, lakiranje automobila, ispitivanje složenih elektrotehničkih uređaja). U ovakvoj proizvodnji radnici rade na prijevozu, skladištenju, nadzoru i održavanju strojeva.
5. Početkom osamdesetih godina 20. stoljeća razvijaju se fleksibilni proizvodni sustavi. To su sustavi kod kojih se, zamjenom upravljačkog programa, mijenja i proizvodni asortiman. Pojedini strojevi su roboti koji su u proizvodne lance povezani automatiziranim prijevozom, jer su i roboti prijevozna sredstva. Skladišta sirovina gotovih proizvoda također su robotizirana (regalna skladišta). Računala upravljaju čitavom tvornicom. Ovo vrijedi za komandnu proizvodnju, ali je slično i kod kontinuiranih tehnoloških procesa (npr. rafinerije, prehrambene industrije itd.).

Ovakva proizvodnja još nije dominantna ali se teži ka tome. U ovoj proizvodnji nema radnika osim za vrijeme remonta.

6. Stupanj potpune automatizacije čitave proizvodnje još nije dostignut, ali mu se teži. Unatoč uvođenju automatizacije u proizvodnju, ne dolazi do porasta nezaposlenosti. To pokazuju podaci o nezaposlenosti razvijenih svjetskih zemalja, kod koji je nivo automatizacije proizvodnje najveći (Japan, Švedska, itd). Viškove radnika nastale automatizacijom preuzimaju druge djelatnosti (uslužne, sportske, kulturne itd).

3.2. Ručna regulacija

Strojevi, uređaji i pojedina postrojenja, koji sudjeluju u proizvodnom procesu, međusobno tako povezane i tehnički opremljene da sami izvršavaju postavljeni zadatak bez neposrednog sudjelovanja čovjeka, formiraju automatski sustav. Automatski uređaji koji su se prvi pojavili, bili su u početnoj fazi relativno jednostavni i služili su za djelomičnu automatizaciju pojedinih funkcija (npr. za automatsko održavanje temperature, tlaka, broja okretaja itd.). Takvi uređaji nazvani su regulatori.

Regulacija je automatsko održavanje konstantne vrijednosti neke fizikalne veličine. Prema tome automatska regulacija označava održavanje neke izlazne veličine nepromijenjenom. Ta izlazna veličina može biti bilo koja fizikalna veličina (mehanička, električna, toplinska itd). Fizikalna veličina koja se automatski regulira naziva se regulirana veličina, a uređaj kojim se to postiže naziva se regulator. Na proizvodni proces utječu razni, različiti poremećaji koji se javljaju najčešće u obliku promjena parametara procesa (interni) i u obliku vanjskih smetnji. Da bi se proizvodni proces odvijao po unaprijed utvrđenom tijeku potrebno je njime upravljati. Pod upravljanjem se podrazumijeva skup radnji (akcija) kojima se osigurava unaprijed određeni tijek radnog procesa (ili ponašanje nekog objekta) u uvjetima poremećaja. Upravljanje također podrazumijeva skup akcija kojima se djeluje na objekt (proces upravljanja) da bi se ostvario određeni cilj upravljanja.

Pod automatskim upravljanjem podrazumijeva se automatsko ostvarivanje sveukupnih djelovanja usmjerenih na održavanje ili poboljšanje funkcioniranja objekta upravljanja u suglasnost sa ciljem upravljanja. Vođenje je najširi pojam upravljanja [6].

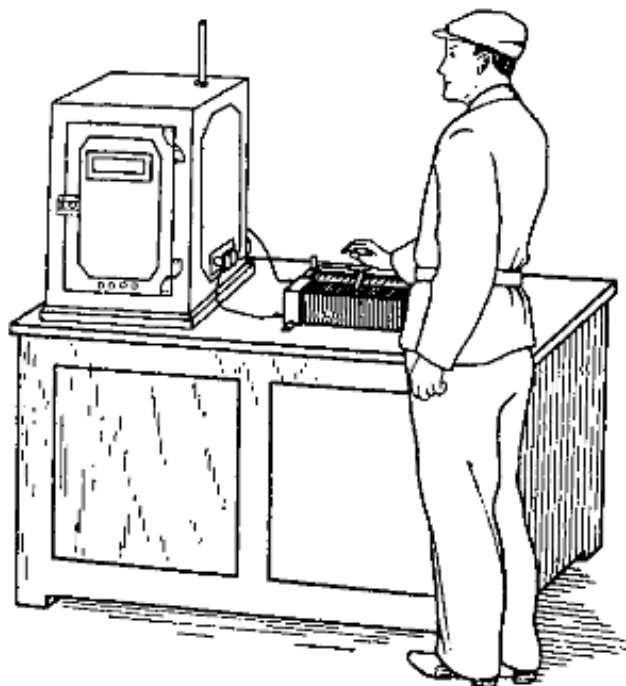
Vođenje sustava obuhvaća, pored automatskog upravljanja, još i podsustave zaštite, signalizacije i registracije. Vođenje je usko vezano u primjeni računala koje se koristi za upravljanje procesima. Računalo analizira proces, procjenjuje veličinu i brzinu promjena te donosi odluke o korekciji i usmjeravanju procesa.

U najrazvijenijim zemljama svijeta automatizacija i upravljanje postaju sredstva za povećanje iskorištavanja radničke klase i za povećanje profita. Širenje automatizacije na pretežno manualne poslove, dovodi do povećane nezaposlenosti.

U razvijenom društvu velike mogućnosti otvaraju se za razvoj i primjenu kontroliranih uređaja. Automatizacija, najviši korak mehanizacije u proizvodnji, jedan je od načina kako smanjiti razliku između intelektualnog i fizičkog rada. Radnik zadužen za rad na modernim sustavima upravljanja i regulacije mora imati visoke kvalifikacije.

U suvremenom društvu automatska kontrola proizvodnog procesa je sastavni dio tehničkog razvoja. Ovaj razvoj napreduje od upravljanja pojedinog stroja pa do cijelog sustava strojeva i proizvodnih linija kojima se može u potpunosti upravljati i regulirati. Već je navedeno da automatski uređaji zamjenjuju ljudski rad u kontroli i regulaciji procesa proizvodnje. To se lako može razumjeti uvidom u sljedeći vrlo jednostavan primjer gdje se električna pećnica ili termostat održava na konstantnoj, unaprijed određenoj temperaturi. Kada se ovaj zadatak obavlja ručno, bez upotrebe automatskog uređaja, čovjek mora, prije svega, promatrati i očitati temperaturu na termometru, kao što je vidljivo na sl. 7. Nadalje, on mora usporediti ta očitavanja uz unaprijed određenu temperaturu (neka to bude primjerice 100°C), i također, kad god postoji razlika između predodređene vrijednosti i očitane vrijednosti, mora se promijeniti položaj ručke reostata, glede promjene količine električne energije, a time i temperature grijača, kako bi razlika dviju vrijednosti bila jednaka nuli [1].

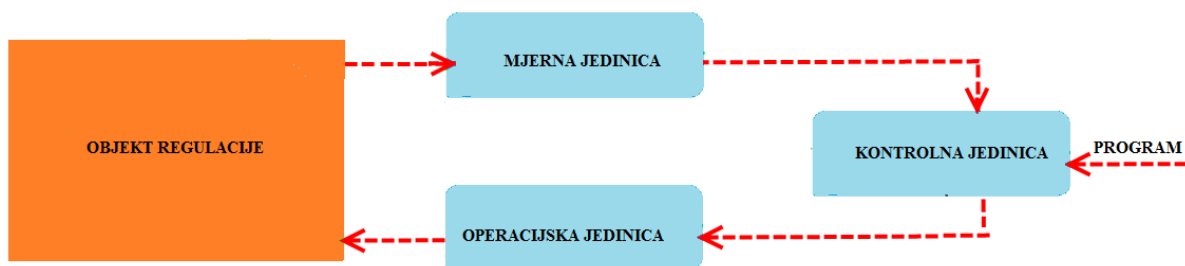
Dakle čovjek obavlja sljedeće dužnosti: (1) promatra temperaturu, (2) vrši usporedbu između promatrane i unaprijed određene temperature i (3) regulira temperaturu.



Slika 7: Ručna regulacija

3.3. Struktura Regulacijskog sustava

Struktura takvog sustava može se prikazati kako slijedi na slici 8.; [1].



Slika 8: Struktura regulacijskog sustava

Sonda (mjerna jedinica) služi za mjerenje količine koja će se regulirati u određenom objektu i pretvarati u količinu druge vrste. Kontrolna jedinica (regulacijska jedinica) prima taj impuls ili signal od sonde, uspoređuje ga s unaprijed određenom količinom koje treba regulirati. Ukoliko postoji razlika između ove dvije vrijednosti, odgovarajući impuls prenosi

se u operativnu ili pogonsku jedinicu, dok upravljačka jedinica vraća vrijednost pomoću regulacije na zadanu vrijednost.

U gore navedenom primjeru ručne regulacije termosta je objekt regulacije, temperatura je vrijednosna količina, termometar je sonda (mjerna jedinica), reostat je operativna jedinica, a čovjek djeluje kao regulacijska jedinica.

Automatizacija regulacijskog procesa nije samo pitanje zamjene čovjeka uređajem za automatsko reguliranje, nego i izmjena cjelokupnog sustava regulacije, uključujući sonde i operativne jedinice.

Sustav sa gore opisanom strukturom, dizajnirani tako da održava zadanu količina neke tehnološke jedinice (proizvodni proces) na određenoj razini naziva se sustav automatske regulacije.

Takav sustav za automatsku regulaciju predstavlja zatvoreni slijed akcija: objekt djeluje na sondu; sonda djeluje na regulacijski uređaj; regulacijski uređaj djeluje na operativnu jedinicu; upravljačka ploča, sa svoje strane, djeluje na objekt.

U praksi se često susrećemo sa slučajevima u kojima je neka zadana količina ispod propisane, kao što je kut zakretanja osovine gdje se zahtjevi kutnog položaja mogu mijenjati s vremenom u širokim granicama. U takvim uvjetima automatski sustav regulacije mora se ponašati na način da kut rotacije osovine objekta kontinuirano "prati" izmjenu programa uz minimalne greške. Takav sustav za automatsku regulaciju zove se prateći sustav [1].

3.4. Otvoreni i zatvoreni automatski sustavi

Prema načinu međusobnog djelovanja elemenata, sustavi automatskog upravljanja i sustavi automatske regulacije mogu se podijeliti na:

- otvorene automatske sustave i
- zatvorene automatske sustave.

Sustav je prirodna, društvena, tehnička ili mješovita tvorevina koja u danoj okolini djeluje samostalno i ima određenu svrhu. Tvorevina je bilo koji skup elemenata koji su u međusobnom odnosu. Međutim, nije svaka tvorevina sustav. Npr. most je tvorevina, ali nije sustav, jer ne djeluje i nepokretan je. Naprotiv, pokretni most i njegov rukovatelj kao cjelina čine sustav. Naime, most i čovjek u nekakvom su uzajamnom odnosu, djeluju samostalno sa svrhom i čine sustav.

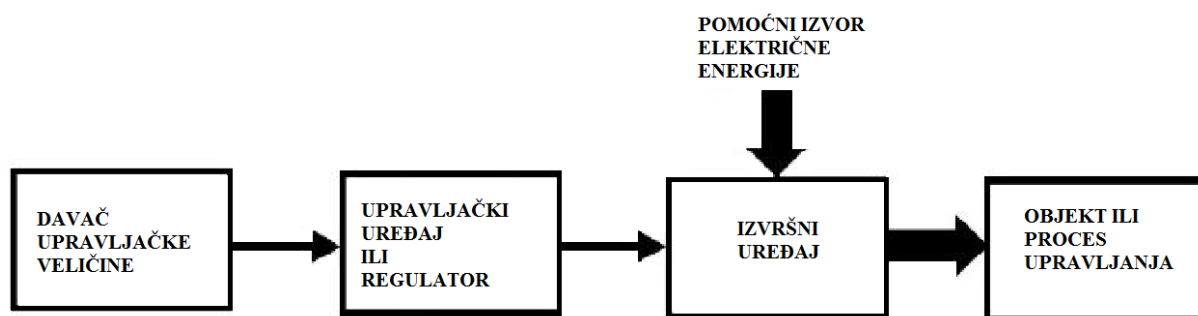
Živa bića čine prirodni sustav. Zajednice ljudi čine društveni sustav. Tehnički sustavi su različite tvorevine: hladnjak, televizor ili elektrana. Mješoviti sustavi su zajednica ljudi i tehničkih tvorevina kao npr. već spomenuti pokretni most i rukovatelj, tvonica, brod s posadom, automobil s vozačem itd [6].

3.4.1. Otvoreni automatski sustavi

Otvoreni sustav je onaj sustav u kome je upravljanje objektom neovisno o izlaznoj veličini iz sustava. Primjenjuje se u tehničkim uređajima i sustavima koji su sami po sebi stabilni, gdje nema velikih utjecaja smetnji (poremećaja) i gdje se ne traži velika točnost održavanja izlazne veličine.

Otvoreni sustav nema povratne informacije o ostvarenoj naredbi. Povezanost članova sustava je jednosmjerna i usmjerena je od upravljačkog člana preko izvršnog člana na proces upravljanja. Na slici 9. su veze među elementima prikazane tanjim strelicama, koje označavaju informacijski tijek u sustavu i debljim strelicama, koje označavaju energetske tijek u sustavu.

Opća blok shema otvorenog automatskog sustava prikazana je na sl. 9. Cilj automatskih sustava je upravljanje objektom ili procesom. Da bi se ostvarilo to upravljanje upravljački signal koji daje neki davač upravljačke veličine dolazi na uređaj ili regulator koji će formirati signal za izvršni uređaj. Izvršni uređaj upravlja objektom ili procesom. Izvršni uređaj je najčešće uređaj veće snage pa zahtjeva i poseban izvor električne energije [6].



Slika 9: Otvoreni automatski sustav

Otvorene sustave susrećemo u području strojarstva (mehanički, hidraulički, pneumatski) ili u području elektrotehnike (regulacija električnih strojeva, nestabilizirani ispravljači, pojačala).

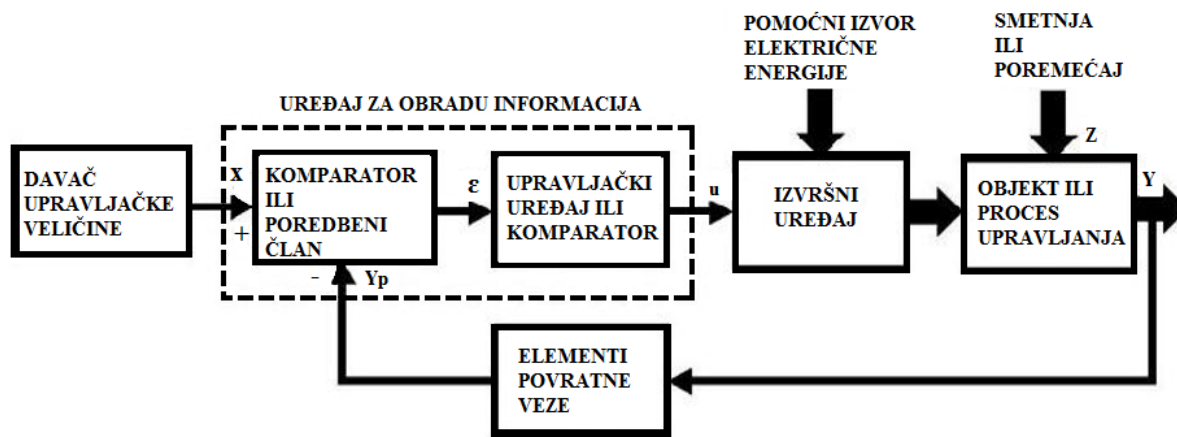
3.4.2. Zatvoreni automatski sustavi

Zatvoreni automatski sustavi preko povratne veze dobivaju informacije o izvršenim naredbama. Izlazna veličina upravljanog objekta ili procesa preko povratne veze vraća se u uređaj za obradu informacija tj. na komparator koji uspoređuje ulazni signal (x) davača upravljačke veličine i signala povratne veze (yp). Izlazi iz komparatora je signal razlike (ϵ) koji dolazi do upravljačkog uređaja gdje se donosi odluka za sljedeći korak upravljanja. Izlazni signal iz upravljačkog uređaja (u) je ulaz izvršnog člana. Ovaj signal upravlja energetskim tijekom u sustavu. Energija iz pomoćnog izvora ide u objekt upravljanja pod nadzorom upravljačkog uređaja.

U grani povratne veze nalazi se mjerni član koji mjeri izlaznu veličinu i pretvarač koji tu izmjerenu veličinu pretvara u signal prikladan za obradu informacija.

Objekt upravljanja može biti bilo koji tehnički uređaj ili bilo koji proizvodni proces. Izvršni uređaji su najčešće elektroničko pojačalo s elektromotorima ili elektromagnetskim ventilima. Uređaj za obradu informacija u posljednje vrijeme se izvodi kao programabilni digitalni elektronički uređaj ili mikroračunalo.

Slika 10. prikazuje opću blok shemu zatvorenog automatskog sustava. Na slici, kao i kod otvorenih upravljačkih krugova, veze među elementima prikazane su tanjim strelicama koje označavaju informacijski tijek u sustavu i debljim strelicama koje označavaju energetska tijeka u sustavu [6].



Slika 10: Zatvoreni automatski sustav

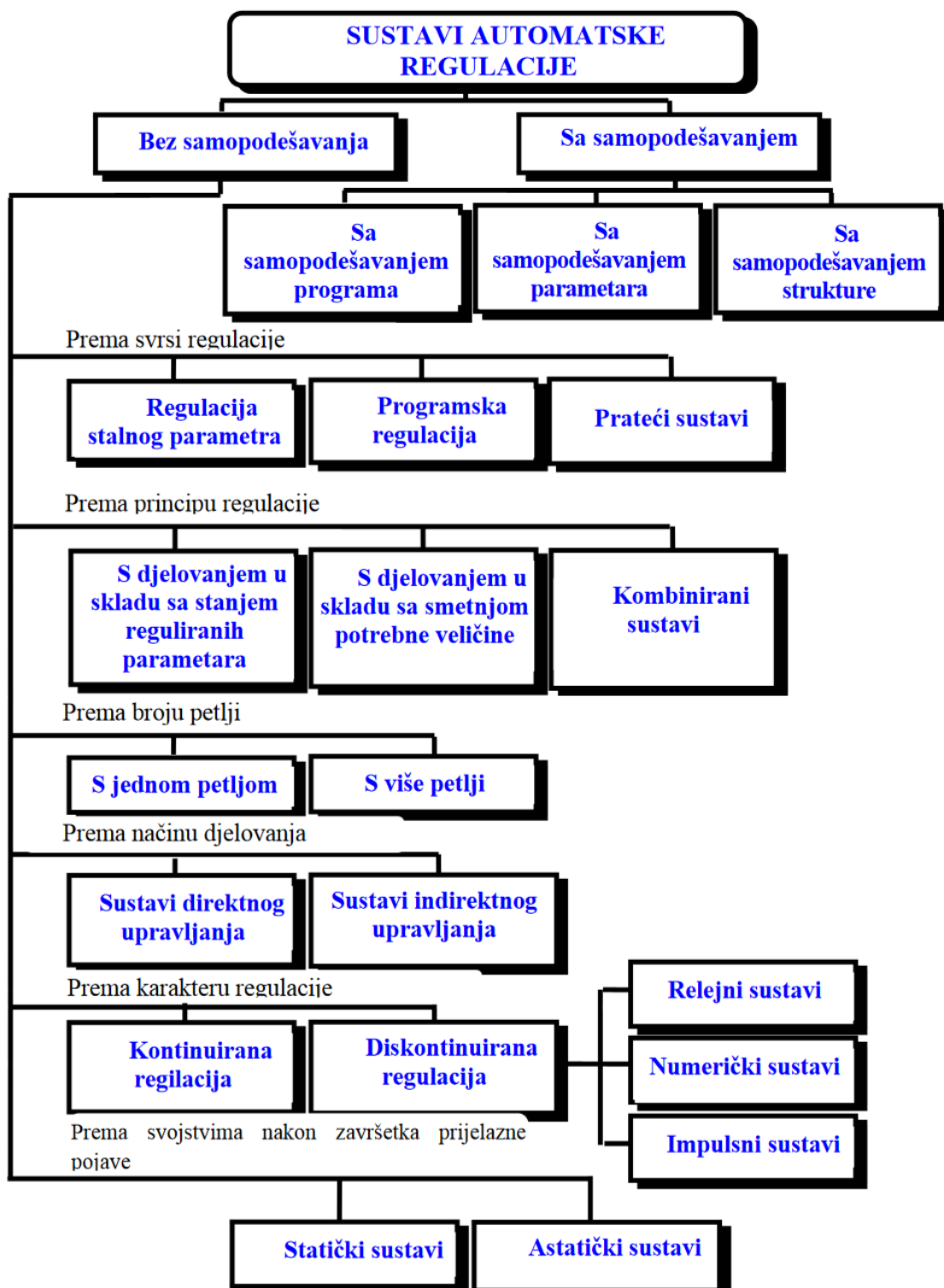
Ne mora svaki zatvoreni sustav imati sve članove, a ne postoji uvijek mogućnost razdvajanja članova kao na blok shemi. Npr. mikroracunalo (μR) može biti i komparator i regulator. Povratna veza može biti pozitivna i negativna.

3.4.3. Osnovne jedinice regulacijskih sustava:

Upravljački (regulacijski) krug može se prikazati na više načina. Krug se može podijeliti na manji ili veći broj osnovnih dijelova, koji se nazivaju jedinicama upravljačkog (regulacijskog) kruga.

Upravljački (regulacijski) krug može se podijeliti na sedam osnovnih dijelova [6]:

- objekt upravljanja,
- mjeru osjetila,
- mjerne pretvornike,
- komparator,
- upravljački uređaj,
- postavni motor i
- postavnu spravu.



Slika 11: Podjela sustava automatske regulacije [7]

4. IZRADA LINEARNOG AKTUATORA VERTIKALNOG POMAKA

Ključni ciljevi projekta su sljedeći:

- dizajnirati i izgraditi linearni aktuator vertikalnog pomaka,
- koristiti isključivi istosmjerni motor,
- aktuator mora doseći visinu po vertikalnoj osi od okvirno 0.8 [m],
- podići masu do 1 [kg],
- aktuator se mora podići do zadane visine, a nakon promjene smjera vrtnje na sklopici, vratiti prema dolje,
- fini pomak,
- koristiti više brzina pomaka i
- automatski se zaustaviti kada se dostigne najniža i najviša točka.

4.1. Potrebni dijelovi za izradu linearnog aktuatora:

Svi potrebni dijelovi za sastavljanje linearnog aktuatora, prikazani su u Tablici 1.

Tablica 1: Potrebni dijelovi za izradu amatersku linearnog aktuatora

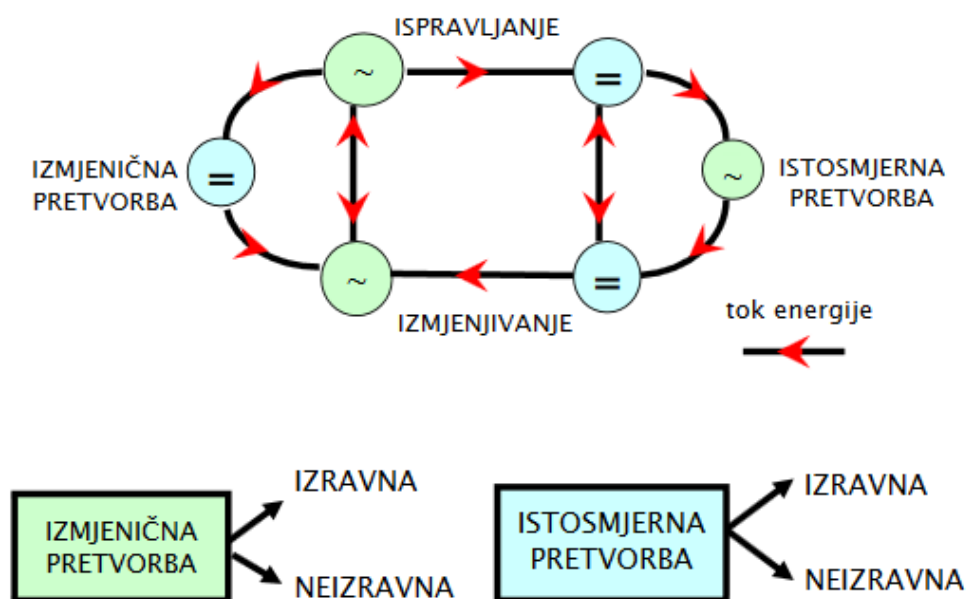
Ispravljač napona	Mikroprekidači x2
Istosmjerni regulator napona	Kip prekidač
DC Motor	Kutija za prekidače
Držac motora	Metalno postolje za vodilice
Rotacijsko vreteno M8	Postolje od pleksiglasa u obliku “U” profila
Vijci za šipku M8	Držac od pleksiglasa u obliku “L” profila
Fleksibilna spojka	Pričvršćivači za držač x2
Industrijske vodilice	M10, M8, M6, M4 šrafovi, matice, podloške
Aluminijski lim	Žice

4.2. Tehničke specifikacije ključnih dijelova linearnog akuatora:

U poglavlju 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4. navedeni su elementi i njihove tehničke specifikacije, koji se koriste u izradi linearnog akuatora, a imaju važnu zadaću u pogonskom dijelu.

4.2.1. Ispravljač napona

Električna energetska pretvorba odvija se u uređajima energetske elektronike koji mijenjaju jedan ili više parametara električne energije bez značajnog gubitka snage uporabom elektroničkih komponenti. Elektronički pretvarači spajaju dva, po nekom od parametara električne energije, različita električka sustava. Funkcije pretvarača mogu se objasniti slikom 12, [8].



Slika 12: Funkcije pretvarača

Izmjenična i istosmjerna pretvorba može biti izravna ili neizravna. Ulazna istosmjerna ili izmjenična energija se u izravnim pretvaračima odmah pretvara u odgovarajući oblik energije na izlazu pretvarača. Kod neizravnog pretvaranja se vrši dvostruka pretvorba ulazne energije da bi se na kraju dobio željeni oblik energije.

Izravni pretvarači koji pretvaraju izmjeničnu energiju u istosmjernu nazivaju se ispravljači (AC/DC pretvarači). Izravni pretvarači koji pretvaraju istosmjernu energiju ponovo u istosmjernu energiju (ali promijenjenih električnih parametara, npr. napona) nazivaju se istosmjerno-istosmjerni pretvarači ili DC/DC pretvarači. Izravni pretvarači koji pretvaraju istosmjernu energiju u izmjeničnu energiju nazivaju se izmjenjivači ili invertori (DC/AC pretvarači). Izravni pretvarači koji pretvaraju izmjeničnu energiju u izmjeničnu energiju nazivaju se izmjenični pretvarači (AC/AC pretvarači), kao što je vidljivo na slici 13, [8].

Tehničke specifikacije ispravljača:



Slika 13: Specifikacije ispravljača

4.2.2. Istosmjerni regulator napona

Istosmjerni regulator brzine vrtnje prilagođava brzinu motora po PWM modulacijskom sustavu i kontrolni napon PLC 0 – 5 [V]. Osim toga, ima mogućnosti kočenja, toplinskog rasipanja i funkciju rotacije unatrag. To je idealno za uređaje kao što su ventilatori, jer pruža fino podešavanje brzine vrtnje motora, slika 14. [9].

Značajke:

- široki radni napon: DC 9 – 50 [V], 30 [A], maksimalna snaga 1500 [W],
- odabir PWM modulani sustav za podešavanje brzine motora od 0-100%, prema odabiru,
- podrška 0 - 5 [V] PLC upravljačkog napon za kontrolu brzine motora i suradnju s drugim modulima,
- kočnicom se odmah zaustavi motor, prekidač za kontrolu okretnog smjer, ventilator i
- regulator napona je stabilan u performansama, visoke učinkovitosti i niske razine šuma pri radu.

Tehnički podaci:

- radni napon: DC 9 - 50 [V],
- kontrola snage: 0.01 – 1500 [W],
- mirna struja: 0.02 [A] (*Standby*),
- PWM Omjer: 0-100%,
- PWM Frekvencija: 15 [kHz],
- kontrola PLC napona: 0 - 5 [V] (mogu koristiti PLC izravno kontrolirati brzinu motora),
- veličina elektroničke pločice: 10 * 5 * 3,4 [cm],
- dužina žice prekidača: 18.5[cm],
- težina: 129.5 [g].



Slika 14: *Istosmjerni regulator napona*

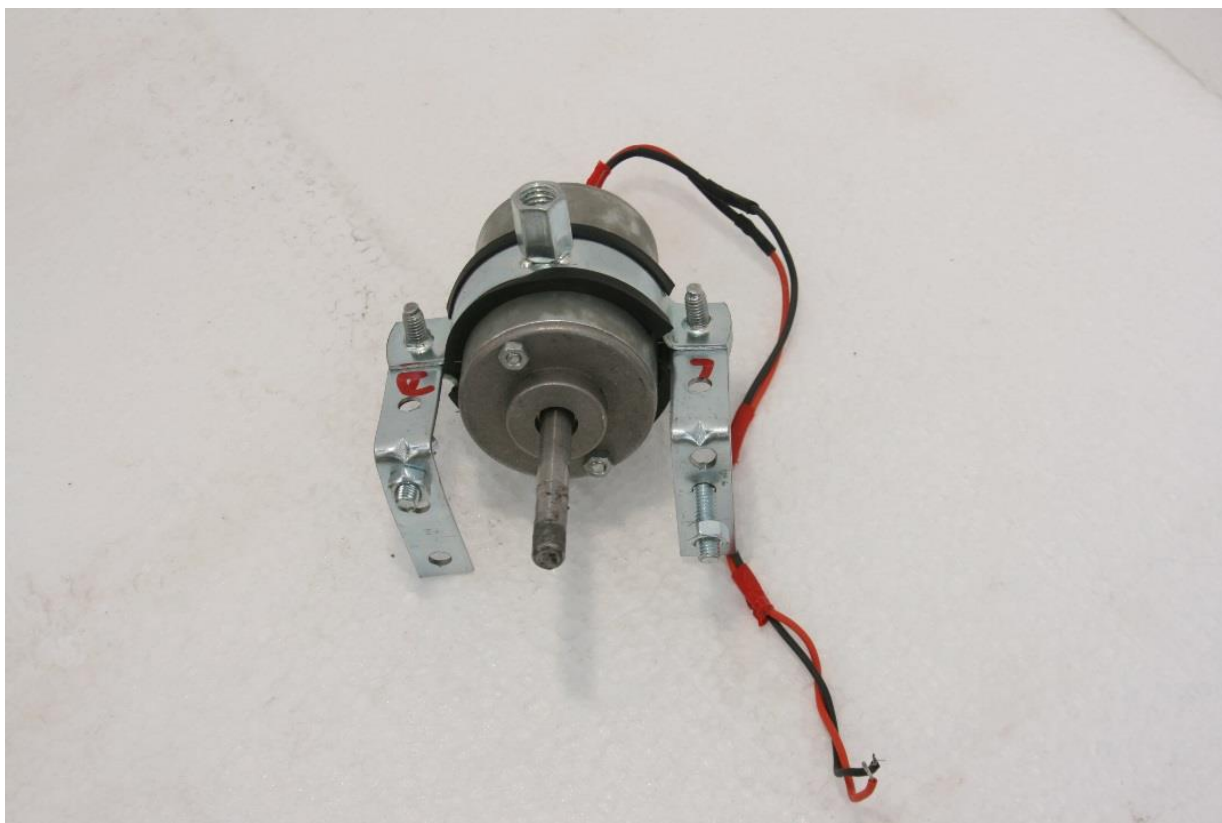
4.2.3. Istosmjerni motor

Motor za istosmjernu struju pretvara istosmjernu električnu struju u rotacijsko gibanje. Putem kolektora i četkica ostvaruje se električni kontakt s rotorskim namotom i pretvara izmjeničnu struju u istosmjernu. Glede mogućnosti kontinuirane promjene brzine okretanja istosmjerni se motor koristi u industriji za pogon tračnih i nekih posebnih vozila (tramvaja, lokomotiva, elektromobila i dr.). Brzina se mijenja na razne načine, a u suvremenim se pogonima upravlja računalom [10].

Elektromotor koji je korišten ima maksimalni napon napajanja od 12 [V]. Takav elektromotor zadovoljava sve uvjete od okretanja na malom naponu, maloj brzini pod opterećenjem i maksimalnu brzinu vrtnje. Tek nakon dužeg rada na maksimalnoj voltaži, motor se počinje neznatno zagrijavati.

Prijenosom vrtnje od motora na okretno vratilo pomoću fleksibilne spojke, dolazi do promjene u vrsti gibanja. Naime, vrtnja motora proizvodi rotacijsko gibanje, koje prelazi u linearno gibanje. Stoga se može reći da se prilikom rotacije krutog tijela sve njegove čestice gibaju istom kutnom brzinom po kružnicama čija središta leže na istom pravcu. Takav pravac zove se os rotacije (rotacija krutog tijela oko nepomične osi).

S druge strane, tijelo koje se giba translatorno je ono tijelo čija linija povezuje bilo koje dvije njegove čestice zadržavajući svoj smjer u prostoru, tj. ako pri gibanju ostaje paralelna svom početnom položaju. Sve točke tijela imaju iste brzine i akceleracije.



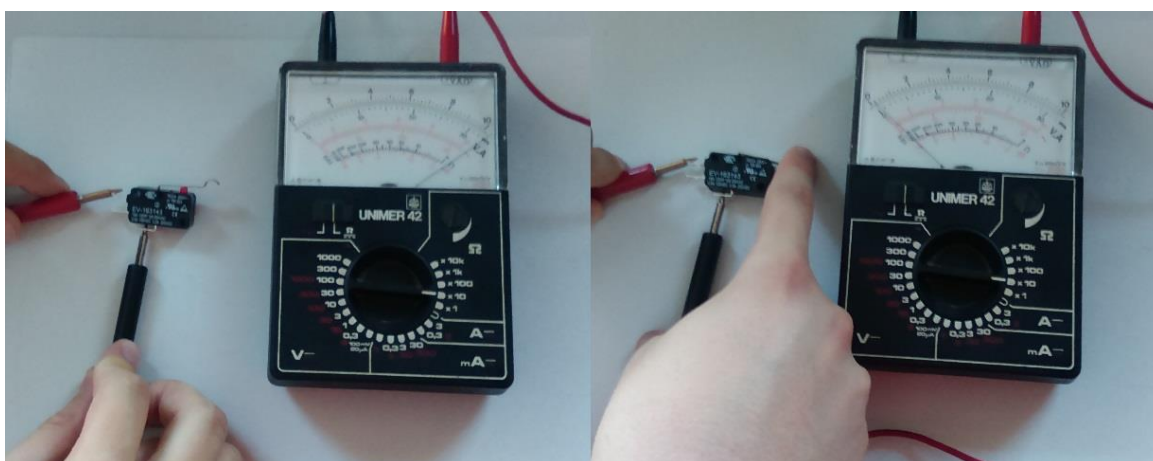
Slika 15: Istosmjerni motor

4.2.4. Mikroprekidači

Mikroprekidač detektira dolazak u određeni položaj. Koristi digitalni oblik informacije, a princip može biti mehanički, induktivni, kapacitivni, optički. Mikroprekidač ima prepoznatljiv “klik“, kada se aktivira i tada pruža povratnu informaciju za promjenu na prekidaču. Interni mehanizmi su jednostavni i dovoljno sigurni u svojim kućištima, koja se mogu instalirati u vrlo zahtjevnim uvjetima, a da još uvijek funkcioniraju iznimno pouzdano.

Osnovni dijelovi svakog mikroprekidača su:

- fenolno kućište,
- NC spojnica,
- NO spojnica,
- zajednička spojnica,
- kontakti od legure srebra ili zlata,
- opruga od nehrđajućeg čelika i
- termoplastični gumbić.



Slika 16: Ispitivanje mikroprekidača

4.3. Tehnička dokumentacija:

U ovom poglavlju opisani su sljedeći elementi i njihove dimenzije:

1. “U” profil
 2. “L” profil
 3. Industrijske vodilice
 4. Fleksibilne spojke
-

“U” profil i “L” profil izrađeni su od pleksiglasa.

Pleksiglas (ili akril) je transparentan termoplastični materijal koji je, prvenstveno glede svoje manje težine, cijene i jednostavnosti rukovanja, vrlo česta zamjena za staklo za određene vrste primjena. Materijal je tijekom 1928. godine razvijan u nekoliko različitih laboratorija, no prvi se put na tržištu pojavio 1933. godine.

Pleksiglas (akril) spada u obitelj sintetičkih ili umjetnih plastičnih materijala, koji sadrže jedan ili više derivata akrilne kiseline. Najčešći akril je polimetilmetakrilat (PMMA), koji je tvrd, vrlo transparentan materijal s izvrsnom otpornošću na UV zračenje i atmosferilije. Dostupan je i u boji, a moguće ga je profilirati, rezati, bušiti i oblikovati. Ove osobine čine ga idealnim materijalom za mnoge namjene, uključujući proizvodnju vjetrobrana za zrakoplove, krovnih prozora, stražnjih svjetla za automobile te za izradu vanjske signalizacije. Jedna vrlo poznata primjena akrila je strop Houston Astrodroma koji se sastoji od više stotina dvostruko izoliranih panela izrađenih od akrila [11].

Akril ili PMMA je vinil polimer izrađen polimerizacijom slobodnih radikala vinila iz monomera metil metakrilata. PMMA spada u skupinu polimera koje kemičari zovu akrilati, dok im je ustaljen naziv akrili. Akril je vrlo dekorativan i svestran materijal koji se, zbog transparentnosti, obradivosti i visokog sjaja, koristi za velik broj namjena [11].

Osnovna svojstva pleksiglasa (akrila):

- iznimna optička jasnoća,
- visoki sjaj,

- mala težina (dvostruko je lakši od stakla),
- otpornost na udarce dvostruko je veća nego kod stakla i polistirena,
- prenosi do 92% vidljive svjetlosti (kod 3 mm debljine),
- uklanja ultraljubičasto (UV) svjetlo na valnim duljinama manjim od 300 nm (slično kao i obično prozorsko staklo) i
- odlikuje ga izvrsna postojanost na atmosferilije zbog čega je pogodan za vanjsku primjenu.

Primjena pleksiglasa (akrila):

- unutarnja i vanjska signalizacija,
- svjetleća signalizacija i reklame,
- oprema POS-ova,
- nosači i stalci za reklamne materijale,
- zaštitni pokrovi za postere i ostale tiskane materijale,
- namještaj,
- okviri za slike i
- mnoge ostale primjene.

S obzirom da je vrlo otporan na vremenske utjecaje, a i obrada je jednostavna, pleksiglas se odlično pokazao kao izuzetno zahvalan materijal za različite ideje.

Koristi se kao zamjena za staklo gdje postoji opasnost od loma, ozljeda i povreda. Glede osjetno manje težine od običnog stakla, pleksiglas nalazi primjenu u gotovo svemu gdje i staklo.

Smjerokazima, putokazima, info tablama i piktogramima se označavaju i markiraju prostorije. Koristi se i pri izradi laboratorijske opreme u raznim kombinacijama.

Pleksiglas se primjenjuje i u auto-moto industriji za izradu vizira za motore, zamjenska ili privremena stakla za traktore, bagere, viličare, kombajne i tanjurače. Također mogu se izraditi sjenila i difuzori rasvjete, a u brodarskoj industriji razni pleksi držači, pleksi valobrani za jahte, glisere i čamce.

Mogu se izrađivati pregradne ograde, klizna vrata, te razni elemente u kozmetičkoj i frizerskoj industriji [14].

Obrada pleksiglas ploča je jednostavna. Uobičajenim strojevima i alatima ploče se mogu piliti, glodati, bušiti, lijepiti, a toplinskom obradom i preoblikovati.

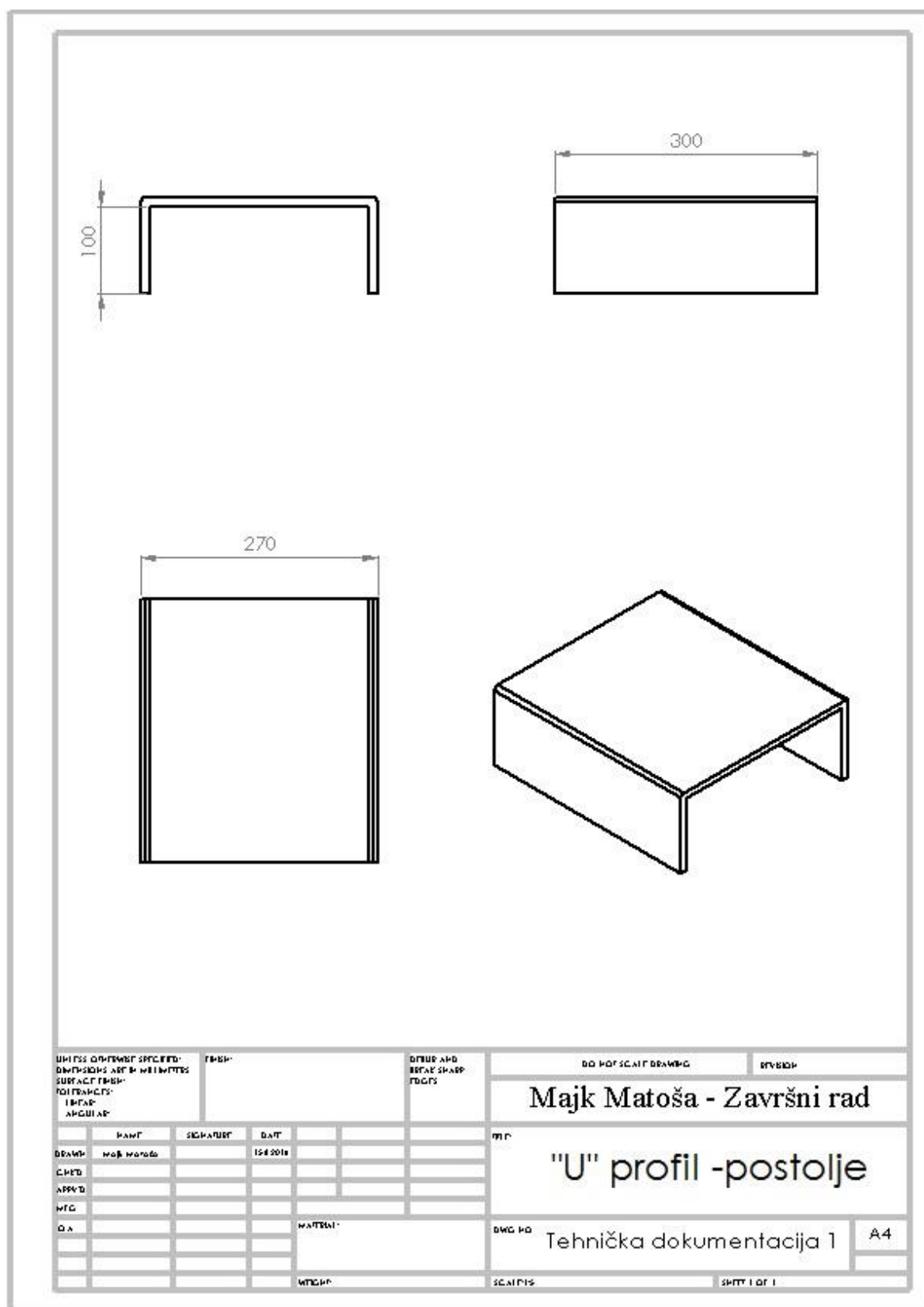
Mehanička obrada pleksiglasa: Primjerena brzina piljenja s uporabom tračne pile i lista za lake metale s približno pet zubi po dužinskom centimetru bila bi oko 1500 m/min, a kod piljenja kružnom pilom minimalna obodna brzina je 3000 m/min. Za lijep rez list je potrebno hladiti zrakom ili vodom. Tanje ploče mogu se lomiti slično kao staklo. Ploče se mogu glodati strojevima za glodanje od brzoglodajućeg čelika s 10.000 do 20.000 okretaja u minuti, a bušiti različitim svrdlima - vijčana svrdla s kutom vrha od 90 stupnjeva dobro su se iskazala kod oko 15.000 okretaja u minuti. Materijal se može polirati autopoliturama, a rubovi se mogu polirati acetilenskim plamenikom [11].

Toplinsko oblikovanje pleksiglasa: Nakon zagrijavanja od 140 do 170°C pleksiglas omekša i postaje prikladan za oblikovanje. Pleksiglas se zagrijava u pećima s kruženjem vrućeg zraka ili pomoću IR grijača. Za oblikovanje u obzir dolaze postupci, kao što su slobodno puhanje, vakumiranje, prešanje itd.

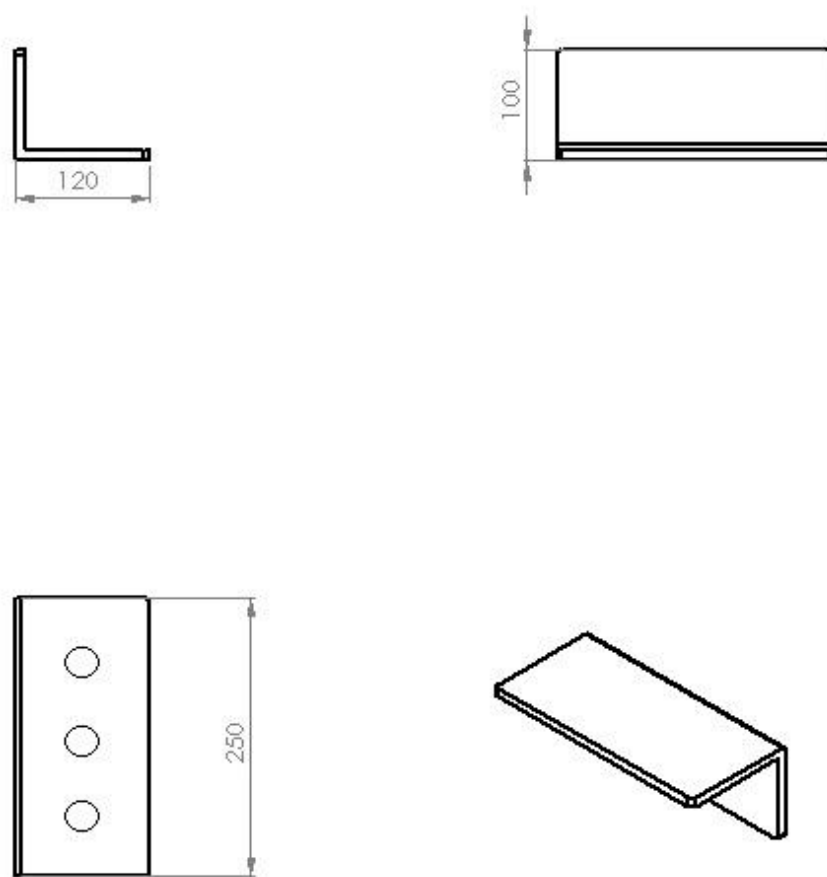
Oblikovanje pleksiglasa moguće je na ručnim prešama i na automatskim vakumirkama. Prilikom prvog zagrijavanja pleksiglas se po dužini i širini skuplja za približno 2 %.

Ljepljenje pleksiglasa: Pleksiglas ima svojstvo samoljepljenja, a može se ljepiti i s PVC-om, ABS-om, PC-om ili drvom. Moguće je ljepljenje cianoakrilatnim ljepilima, samoljepivim trakama i ljepilima na osnovi kaučuka.

Održavanje pleksiglasa: Za čišćenje je najprikladnija voda s tekućim deterdžentom, a nikako se ne upotrebljava aceton, nitro razrjeđivač ili klorirani ugljikovodik. Kako bi se spriječilo skupljanje prašine, proizvod je nakon čišćenja potrebno obrisati krpom koja je natopljena tekućinom antistatika. Površinska oštećenja (ogrebotine, oštećenja od cigareta i sl.) mogu se izbrusiti ili ispolirati, a za popravak većih oštećenja elemenata mogu se koristiti dvokomponentne akrilatne reparaturne smole u standardnim sanitarnim nijansama [11].



Tehnička dokumentacija 1: "U" profil - postolje



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: FRACTIONAL ANGULAR		FINISH		OTHER AND OTHER SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
						Majk Matoša - Završni rad			
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE			
DESIGN		Majk Matoša		15.4.2018		"L" profil - postolje za teret			
CHECKED									
APPROVED									
MFG									
QA						MATERIAL		DWG NO	
								Tehnička dokumentacija 2	
								A4	
						SCALE		SHEET 1 OF 1	







Tehnička dokumenacija 2: "L" profil – postolje za teret

KRONA KOBLENZ

SYSTEM 0400 40Kg. - 80Kg.

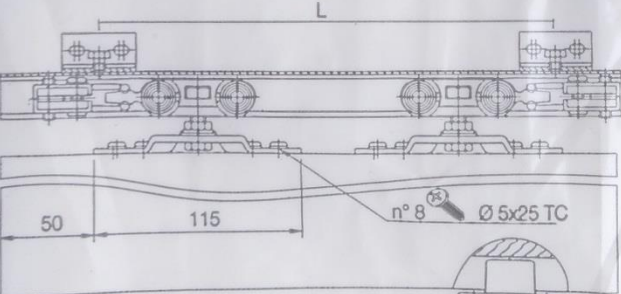
Sistemi per porte scorrevoli
Sistemas para puertas escorrevoles
Schiebetürsystem
Sliding door system
Systeme pour portes coulissantes
Schlufdeursystem

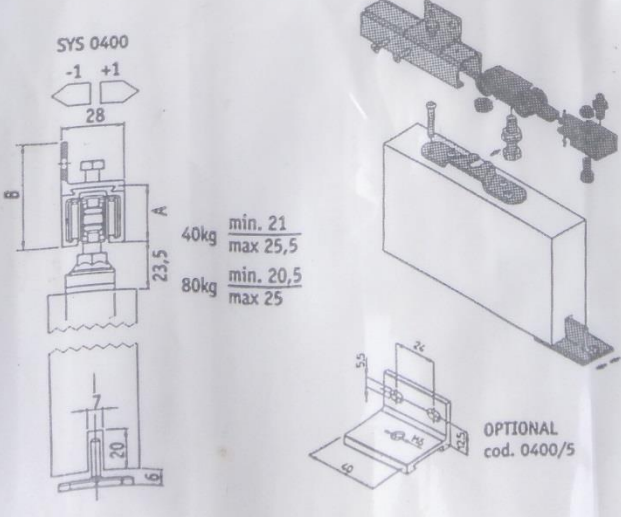
SYSTEM 0400 KIT:

	2 pcs 40 kg 80 kg		2 pcs
	2 pcs		1 pcs
	L = 1900 mm L = 2000 mm L = 2300 mm L = 3000 mm 1 pcs		2 pcs

OPTIONAL
cod. 0400/5

SYSTEM	A	B
0400/40	25,75	48
0400/80	26,75	49,25



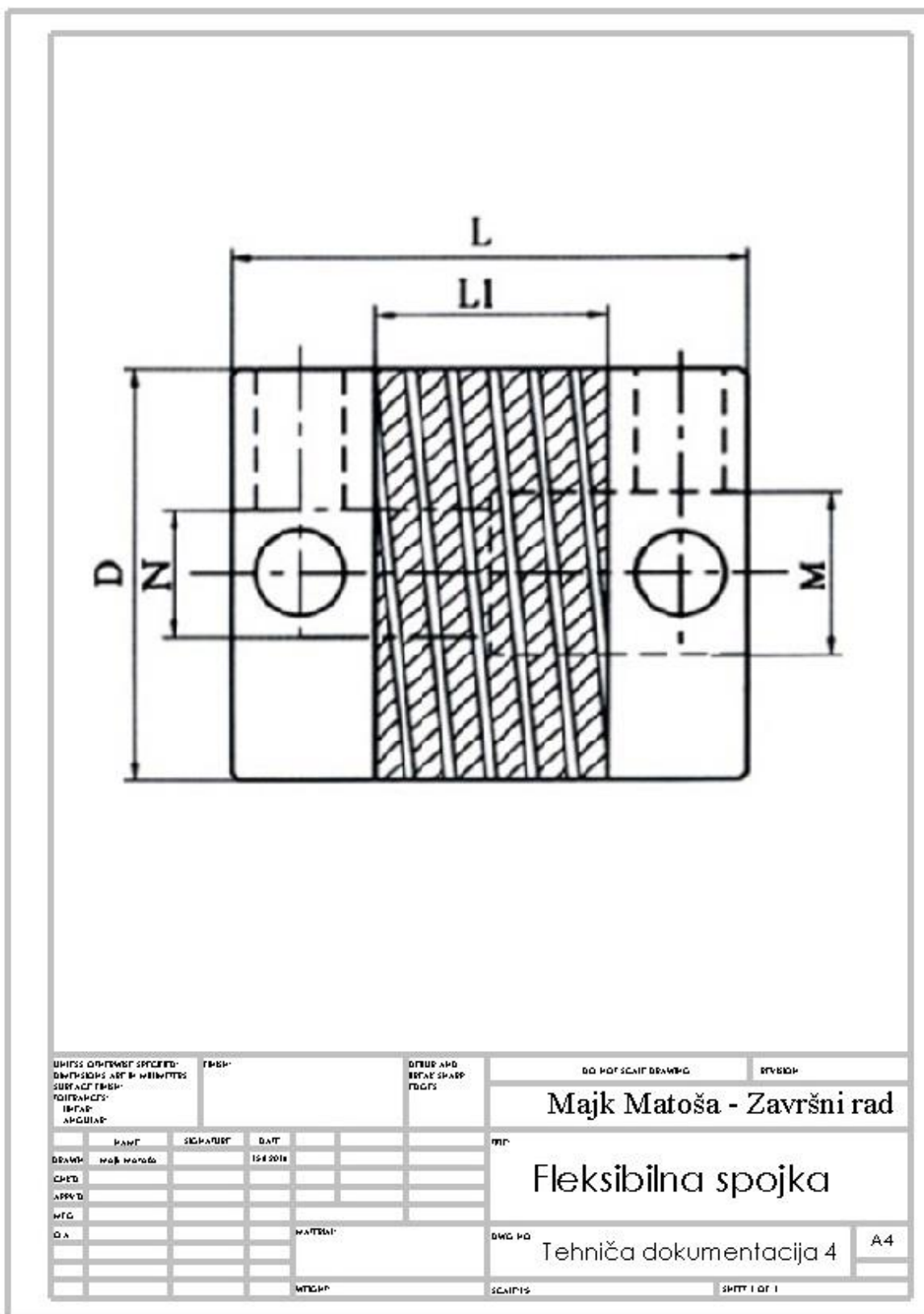


min. 21
max 25,5
40kg

min. 20,5
max 25
80kg

OPTIONAL
cod. 0400/5

Tehnička dokumentacija 3: Industrijske vodilice [12]

Tehnička dokumenacija 4: *Fleksibilna spojka* [13]

4.4. Izrada aktuatora

Reguator napona i fleksibilna spojka kupljeni su preko internetske stranice “*ebay*”, dok su svi ostali dijelovi iz lokalnih trgovina.

Uzimajući u obzir sve uvjete, konstrukcija mora biti jaka, od čvrstih materijala srednje debljine. Čelični držač za grede i industrijske vodilice za vrata bile su idealne za potrebe izvedbe linearnog aktuatora. Dužina, debljina i sama čvrstoća materijala, omogućava izdržljivost i najveće opterećenje, jednom kada aktuator dosegne najvišu točku, slika 17 i slika 18.

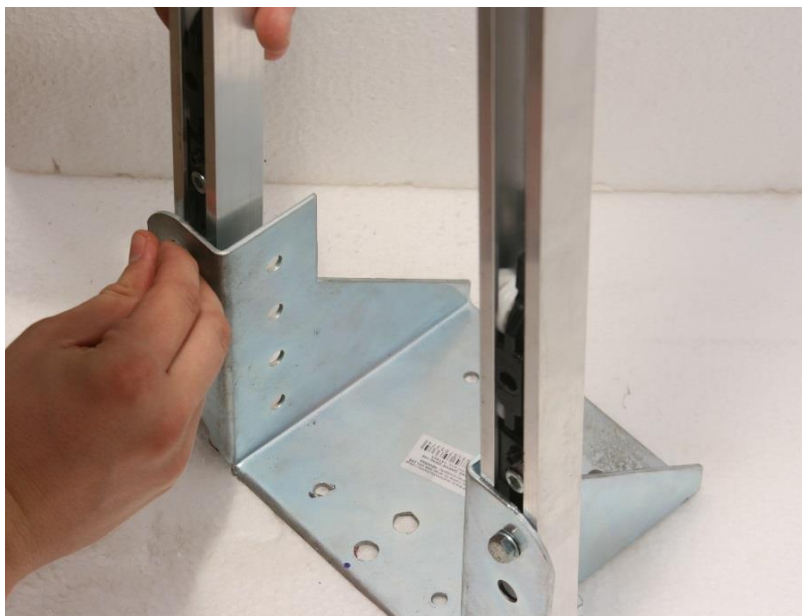


Slika 17: Čelični držač



Slika 18: *Industrijske vodilice*

Nakon spajanja tih dviju komponenata, potrebno je izraditi postolje “U” profila, izrađeno od pleksiglasa, koje ima funkciju pridržavati cijelu konstrukciju i osigurati da se ista ne sruši, jednom kada se na nju stavi teret, slika 19., 20. i 21.

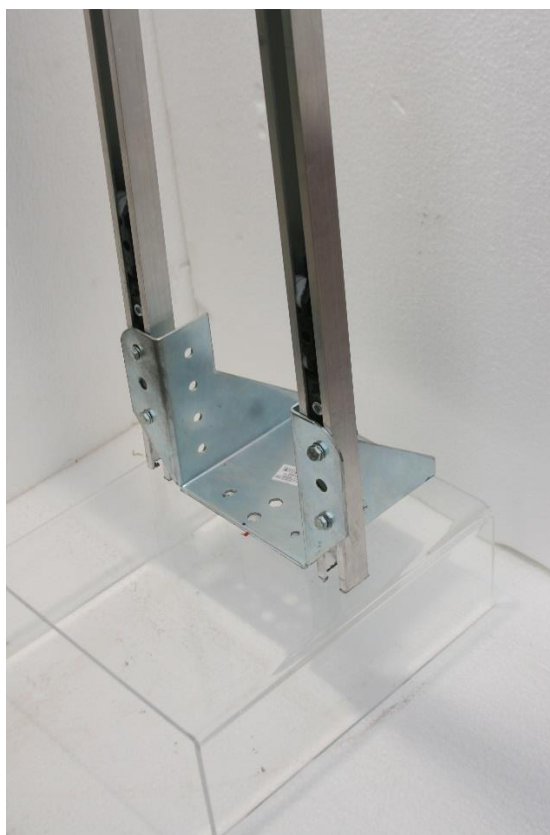


Slika 19: *Spajanje vodilice i čeličnog držač*



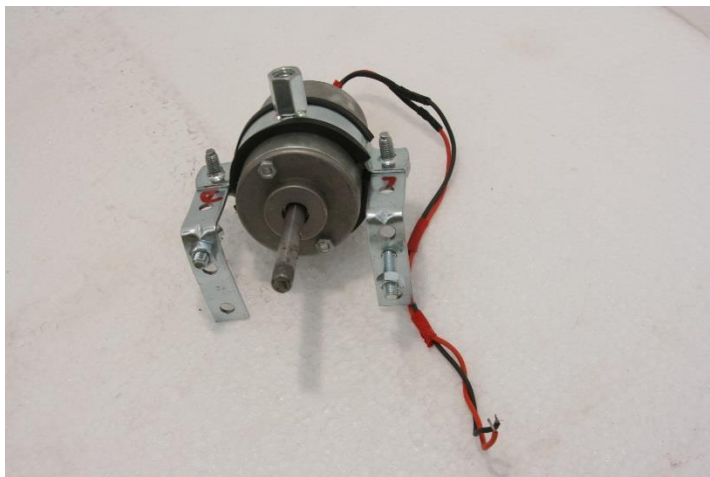
Slika 20: *Postolje u obliku “U”profila sa rupama za čelični držač*

Na postolju je potrebno izmjeriti, označiti i izbušiti rupe kako bi se gore pričvrstili čelični držač sa vodicama i motor.



Slika 21: *Čelični držač pričvršćen na postolje*

Motor se najprije mora pričvrstiti na njegov nosač, a zatim fiksirati na postolje, slika 22 i slika 23.



Slika 22: Motor sa nosačem



Slika 23: Pričvršćivanje motora i njegovog nosača na postolje

Kako bi se gubici u što većoj mjeri smanjili, tj. sveli na minimum i imali što manje vibracije, kod prijenosa rotacijskog gibanja motora u linearno gibanje rotacijskog vretena, koristi se tzv. fleksibilna spojka. Fleksibilna spojka ima po dva mala vijka, sa gornje i donje strane koji omogućavaju podešavanje jačine prihvata šipke i motora, posebno za svaki element, slika 24.



Slika 24: *Podešavanje fleksibilne spojke*

Zatim slijedi izrada gornjeg dijela konstrukcije, koja je još uvijek problematična i potrebno ju je zatvoriti i fiksirati, da bi se spriječilo njezino pomicanje i vibracije na rotacijskom vretenu jer to značajno usporava motor. Vodilice odlično pristaju u aluminijski “U” profil. Naravno, potrebno je pripaziti i na ravninu same konstrukcije, slika 25 a) horizontalni dio i b) vertikalni dio.



a) horizontalni dio



a

b) vertikalni dio

Slika 25: Stabiliziranje konstrukcije

U zadnjoj fazi izrade linernog aktuatora potreban je još “L” profil izrađen od pleksiglasa, na kojeg se stavlja teret i kojeg podiže aktuator. Takav “L” profil naziva se postolje za teret, slika 26.



Slika 26: *Postolje za teret*

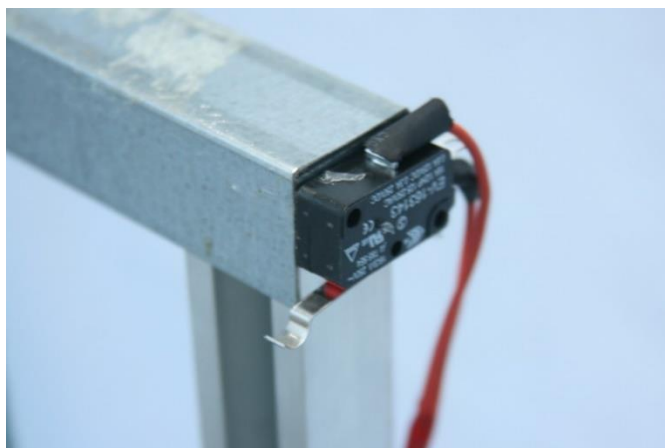
Pričvršćenje rotacijskog vratila i postolja za teret, slika 27.



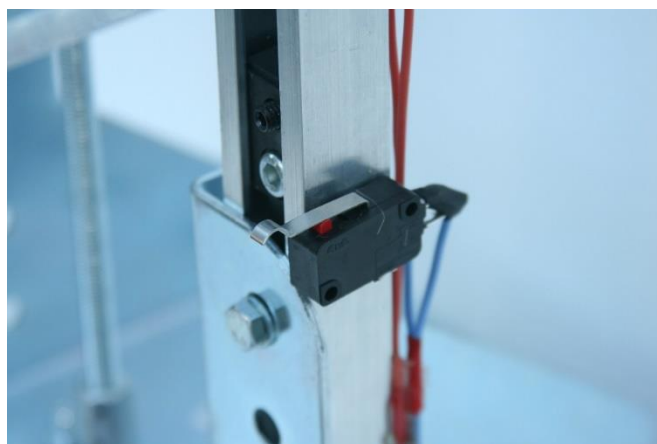
Slika 27: *Pričvršćivanje postolja za teret sa dvije matice*

Postolje za teret potrebno je dobro pričvrstiti na rotacijsko vreteno, koje je izvedeno pomoću dvije matice. Dvije matice su neophodne iz sljedećeg razloga. Kada se na postolje stavi teret, postolje se automatski “objesi” prema dolje i šipka više nije u optimalnom položaju, nego dolazi do napetosti koja stvara velike napore za motor. Naime motor ne može više pokretati šipku istom snagom kao što je to slučaj kada je šipka u optimalnom položaju, već je potrebno povećati snagu motora, kako bi se rotacijsko vreteno nastavilo vrtjeti, jer će se u suprotnom motor vrtjeti, ali pomaka neće biti.

Također potrebni su još i mikroprekidači kako bi aktuator imao vođenu informaciju determinacije stop. Mikroprekidači se moraju postaviti sa gornje i donje strane industrijske vodilice, slika 28.



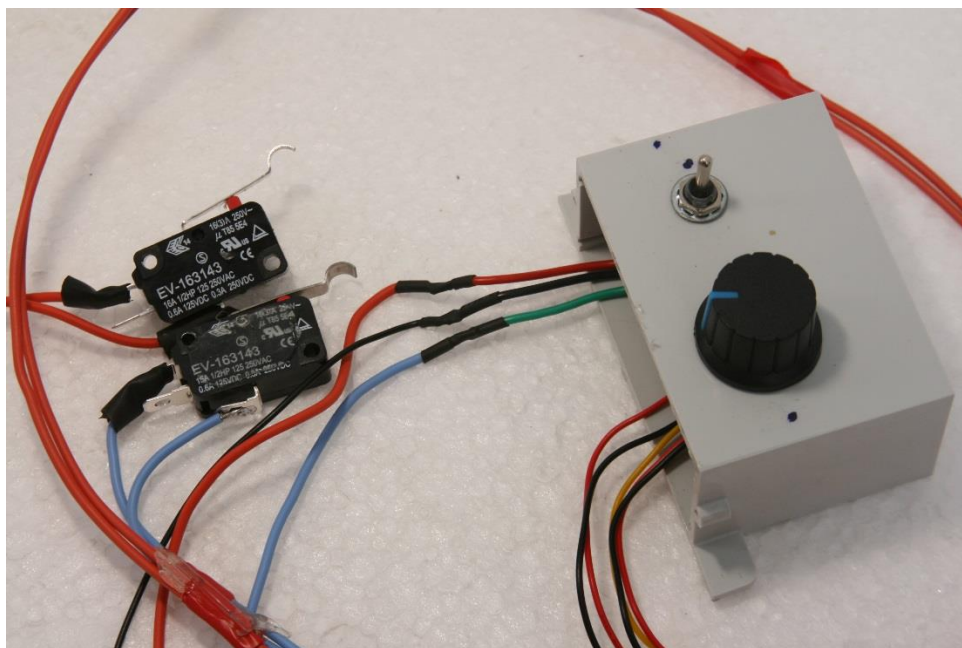
a) gornji mikroprekidač



b) donji mikroprekidač

Slika 28: Mikropekidači sa gornje i donje strane

Lemljenjem se trebaju produžiti žice kako bi bile dovoljno dugačke da se mogu povezati sa prekidačem koji se nalazi u kućištu na postolju i pomoću koju se vrši upravljanje smjera aktuatora i promjena napona na motoru. U kutiji se nalazi jedan kip prekidač koji omogućava promjenu smjera gibanja aktuatora i potencijometar iz regulatora napona, kojim se regulira napon od 0 do 12 [V], slika 29.



Slika 29: Kutija sa prekidačem i potencijometrom

Pomoću vruće plastike potrebno je pričvrstiti ispravljač napona i regulator napajanja, na stražnjem kraju postolja, da služe kao utezi, slika 30.



Slika 30: Ispravljač kao uteg

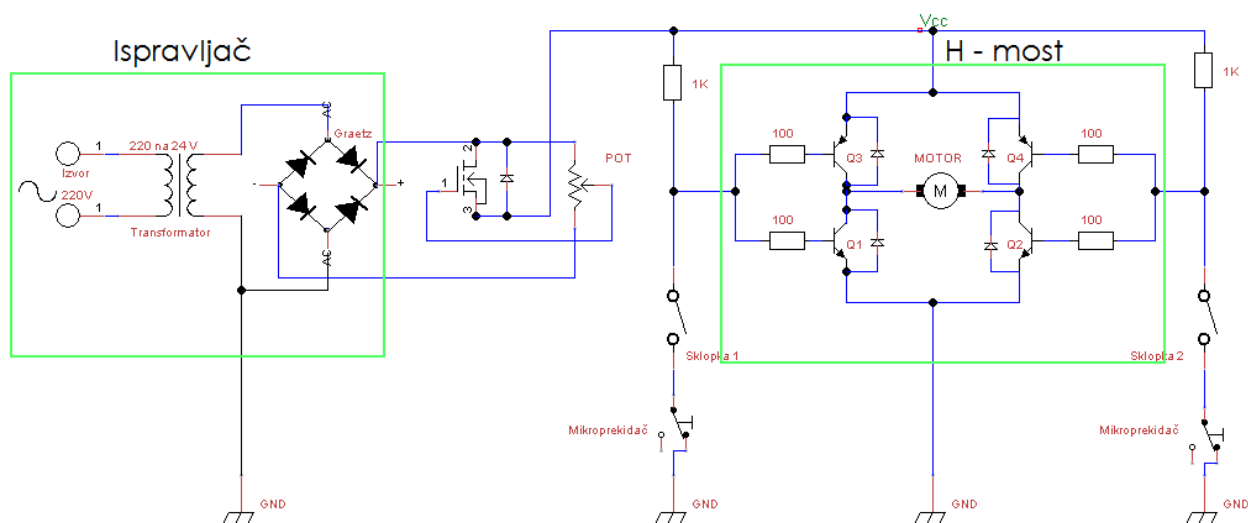
4.5. Principna shema upravljanja

Ispravljač je elektronički sklop čiji je glavni zadatak dovod odgovarajućeg oblika napona na DC motor. Pomoću potencijometra vrši se regulacija napona, koji se dovodi na DC motor.

Jezgra pretvarača je tranzistorski H-most preko kojeg se motoru dovodi napon.

Upravljanje motora vrši se pomoću dvije sklopke. Kada je sklopka 1 uključena, tranzistori Q3 i Q2 propuštaju i motor se vrti u jednu stranu, a kada se sklopka 1 isključi i uključi sklopka 2, tranzistori Q4 i Q1 propuštaju i motor se vrti u drugu stranu. Ukoliko su obje sklopke uključene, motor će biti u stanju mirovanja.

Aktivacijom mikroprekidača, dolazi do prekida strujnog kruga i motor se isključi.



Title Principna shema upravljanja		
Author Majk Matoša		
File		Document
Revision 1.0	Date 06.09.2016.	Sheets 1 of 1

Slika 31: Principna shema upravljanja

5. ZAKLJUČAK

Svrha ovog rada je konstrukcija i izrada linearnog aktuatora vertikalnog pomaka, kojeg će pokrenuti istosmjerni motor. Također je potrebno postignuti zadanu visinu, pod određenim opterećenjem, koristeći više brzina pomaka.

AC/DC pretvaračem dobivena je željena istosmjerna struja koja se dovela do istosmjernog motora. Korištenje regulatora napona, omogućava doziranje napona na motoru, a rezultat je uvođenje različitih brzina pomaka. Isto tako regulator napona služi nam kao glavna sklopka, gdje se vrše promjene smjera aktuatora. Prijenos gibanja ostvaren je preko fleksibilne sklopke koja se može zasebno podesiti za debljinu šipke i debljinu motora. Na taj način se uveliko smanjuju vibracije i povećava učinkovitost samog sustava. Mikroprekidačima se ograničava visina, do koje aktuator može podići ili spustiti neki predmet.

Na kraju se može zaključiti da pojava automatizacije, uvođenje uređaja, strojeva i cijelih automatiziranih sustava rezultira masovnim padom potrebe za fizičkim radom samog čovjeka. Stoga se aktuatori uvelike primjenjuju u industriji i drugim granama, jer zamjenjuju čovjeka. Jedina zadaća čovjeka pri tome je da nadzire rad aktuatora.

PRILOZI

I. CD-R disc

LITERATURA

- [1] S. A. Ginzburg, I. Ya. Lekhtman and V. S. Malov (Auth.): Fundamentals of Automation and Remote Control-Pergamon Press, 1966.
- [2] <http://www.pacontrol.com/download/Industrial-Automation-Pocket-Guide.pdf> (preuzeto 13.08.2016.)
- [3] http://automatic-project.eu/Modules_en/Module3/Introduction%20and%20Chapter%201.pdf (preuzeto 13.08.2016.)
- [4] http://www.cpdee.ufmg.br/~palhares/DJ_Dunn_electric_actuators.pdf (preuzeto 13.08.2016.)
- [5] http://asahi-america.com/images/x-assets/PDF/Datasheet_Electric_Actuator_Introduction.pdf (preuzeto 13.08.2016.)
- [6] Automatsko vođenje procesa.pdf (preuzeto 14.08.2016.)
- [7] <http://www.fpz.unizg.hr/zto/AUTOM/6autom-regulacija.pdf> (preuzeto 14.08.2016.)
- [8] <https://muricmilorad.files.wordpress.com/2011/11/energetska-elektronika.pdf> (preuzeto 15.08.2016.)
- [9] <http://www.ebay.com/itm/Adjustable-H-Bridge-DC-Motor-Speed-PWM-Controller-30A-with-Reversing-Switch-QC3C-/131699975704?hash=item1ea9ee2618:g:v54AAOSwL7VWlFuJ> (preuzeto 15.08.2016.)
- [10] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=17584> – (preuzeto 15.08.2016.)
- [11] <http://www.tgart.hr/ponuda/plocasti-materijali/pleksiglas> - preuzeto (15.8.2016.)
- [12] <http://koblenz.k-group.com/> - preuzeto (19.8.2016.)
- [13] http://www.hitechcounter.com/download_info/best-encoder-flexible-shaft-coupling-d48786.html – preuzeto (19.8.2016.)
- [14] <http://laserplexx.hr/plexiglas/> - preuzeto (22.8.2016.)
- [15] <http://www.olsenactuation.com/downloads/benefits3.pdf> - preuzeto (22.8.2016.)